المملكـة العربيـة السعـودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المنـاهج



الكليات التقنية

الحقيبة التدريبية :

علم المعادن(الفلزات) عملي

في تخصص تقنية اللحام



مقدمة

الحمد لله وحده،والصلاة والسلام على من لا نبي بعده ، محمد بن عبدالله وعلى آله وصحبه ، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل ، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على الله، ثم على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي ، لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم المناهج وتطويرها خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية ، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبيي احتياجاته وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية ، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤى العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل ، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل ، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " علم المعادن (الفلزات) عملي " لمتدربي تخصص " تقنية اللحام " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم المناهج وتطويرها وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل - من الله عز وجل- أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة ،بأسلوب سهل يخلو من التعقيد ،مدعم بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه ، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم المناهج وتطويرها

الفهرس

الموضـــوع	رقم الصفحة
الوحدة الأولى : اختيار العينة وإعدادها للفحص المجهري	٥
اختيار العينة وإعدادها للفحص المجهري.	٧
عملية الإظهار.	١٥
التطبيق العملي لتحضير سطح العينة للفحص.	١٦
الفحص المجهري.	١٩
أنواع المجهر.	٢٠
تفاصيل تركيب المجهر.	٢٢
التدريبات والتمارين	٣٢
تقويم المتدرب	٣٣
الوحدة الثانية : المعالجات الحرارية.	٣٤
إرشادات الأمن والسلامة في المعالجات الحرارية للفولاذ.	٣٦
الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية.	٣٧
أنواع أفران صهر المعادن.	٣٨
مخططات الاتزان الحراري.	٣٩
دراسة منحنى التحولات الطورية المتزنة للحديد والكربون.	٤٣
البنية الدقيقة للفولاذ الكربوني.	٤٤
رسم منحنى التحولات الطورية المتزنة لسبيكة الرصاص والقصدير.	٤٦
رسم منحنى التجمد لمعدن نقي (رصاص ، قصدير، ألمنيوم)	٤٨
رسم منحنى التبريد لسبيكة ثنائية.	٥١
أكسدة الألمونيوم في الهواء.	٥٤
المعالجات الحرارية للصلب الكربوني (تصليد ، تطبيع، معادلة ، تخمير).	٥٥
التآكل.	٦٢
التدريبات والتمارين.	٦٧

تقويم المتدرب	٦٨
الموضـــوع	**رقم الصفحة**
الوحدة الثالثة : اختبارات الصلادة.	٦٩
إرشادات الأمن والسلامة في المعالجات الحرارية للفولاذ.	٧١
جهاز اختبار الصلادة.	٧٤
اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة برنل	٧٥
اختبار صلادة العلامة بطريقة فيكرز.	٧٩
مزايا اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة فيكرز	٨٠
اختبار الصلادة بطريقة روكويل.	٨٢
التدريبات والتمارين.	٨٦
تقويم المتدرب.	٨٧
المراجع.	٨٨

تمهيد

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على رسوله الله الأمين صلى الله عليه وعلى آله وصحبه أجمعين وبعد :

أصبحت الصناعة بفروعها المختلفة تتغلغل اليوم في أعماق أغوار حياتنا اليومية ،وتستهدف هذه الصناعات استغلال المصادر الطبيعية للمواد المتباينة لإنجاز منتجات يستفيد منها البشر في النواحي المختلفة من الحياة المتحضرة ولا يستطيع إنسان اليوم أن يتصور إمكانية الاستغناء عما تتجه الصناعات المختلفة من لوازم الحياة اليومية.

إن من أهم هذه الصناعات ، الصناعات المعدنية التي تحتل المكانة الأولى من الأهمية لما تقوم به من تغطية احتياجاتنا المختلفة من وسائل النقل والمواصلات والأجهزة طويلة العمر والآلات والمعدات المتنوعة. تلعب دراسة التقنيات المختلفة في طرق و، وسائل تصنيع وتغيير خواص مواد هذه الصناعات إلى جانب الماكينات والمعدات والآلات المستخدمة لأجل تحقيق ذلك شرطاً أساسياً لإقامة نهضة صناعية تسد احتياجات النواحي المختلفة.

سيتم في هذه الحقيبة البدء بدراسة لاختيار العينة وإعدادها للفحص المجهري ،وكذلك المعالجات الحرارية واختبار الصلادة ،وذلك خلال (٢٦ ساعة عملية) ،موزعة على ثلاث وحدات تدريبية ويضمن تناول هذه المواضيع توفر الأسس والمبادئ العلمية والتقنية التي يجب على المتدرب أن يلم بها إلماماً تاماً حتى يخطو في الميدان الصناعي بخطى واثقة في مجال تخصصه دافعاً بعجلة التقدم الحضاري والصناعي ، وصلى الله على نبينا محمد عليه أفضل الصلوات والتسليم.

((في هذه الوحدة سنتعرف على الخطوات اللازم اتباعها لإعداد وتجهيز عينات الاختبار والتي تكون المرجع الاساسي لعملية الفحص المجهري التي ستجرى لاحقا))

الوحدة الأولى

اختيار وإعداد عينة للفحص المجهري

الجدارة:

عند إكمال التدرب على هذه الوحدة فإن المتدرب يكون قادراً على تحديد العينة وطرق إعدادها

الأهداف الإجرائية:

بإكمال التدرب على الوحدة التدريبية الثانية يكون المتدرب قادراً على:

- أن يميز الغرض من تجهيز العينات في المختبر.
- أن ينفذ العمل على معدات لاختبار اللازمة لعملية التجهيز.
- أن ينفذ الخطوات اللازمة لإعداد عينات الاختبار.
- أن يتدرب على جميع المهارات لأول مرة.

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لمهارات هذه الوحدة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع لإتمام الوحدة: (٧) ساعات تدريبية.

الوسائل التدريبية المساعدة:

- ورشة مجهزة للتدريب على أعمال تقنية اللحام.
- عارض ضوئي.
- جهاز عرض (Data Show).
- صور ولوح عرض وبعض الكتيبات الخاصة بعلم المعادن (الفلزات).

متطلبات الجدارة:

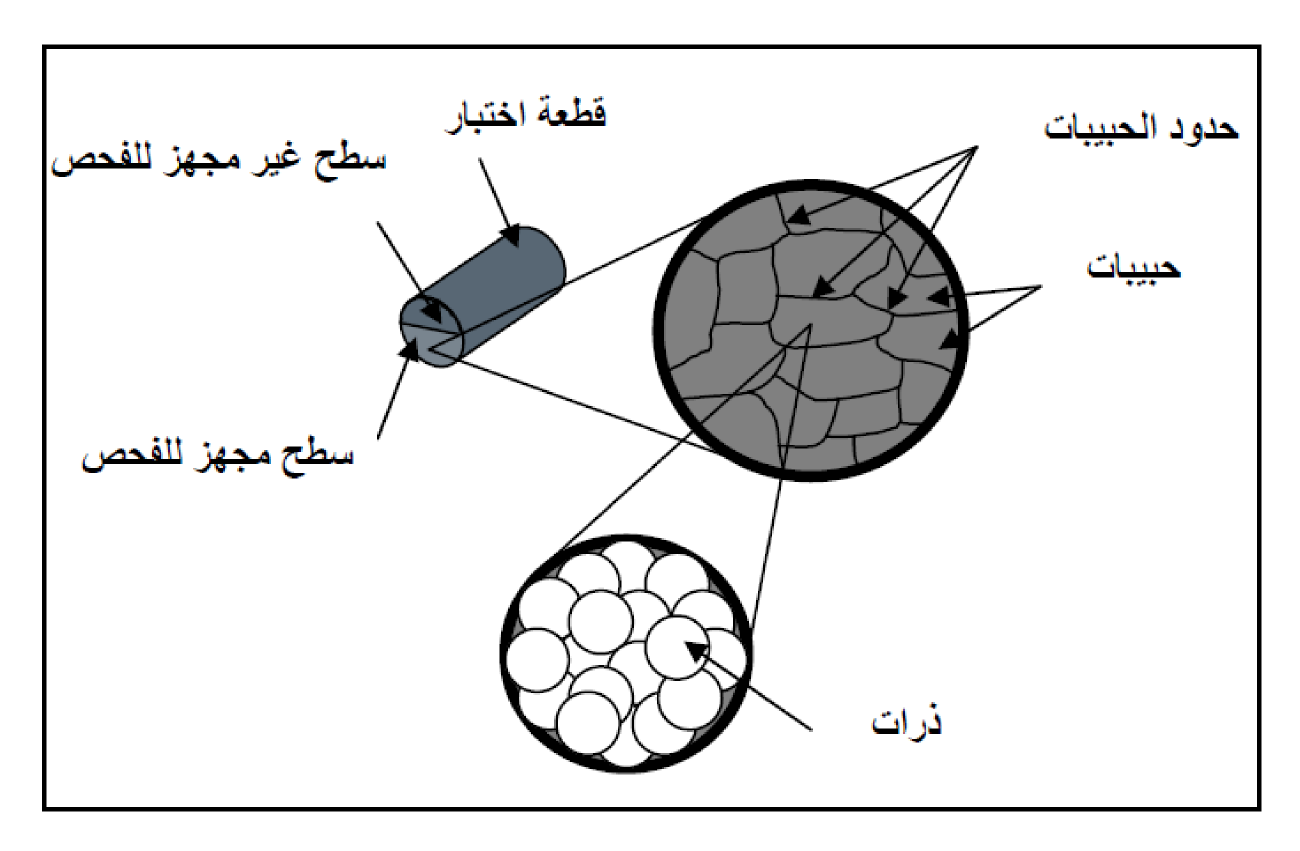
يجب التدرب على جميع المهارات لأول مره.

اختيار العينة وإعدادها للفحص المجهري

مقدمة :

يعتبر تجهيز عينات الفحص المجهري الخطوة الأولى في إطار البحث والكشف الدقيق للبنية الداخلية للعينة المأخوذة من المادة التي نريد دراستها.

قطع عينة من مادة معينة ومحاولة فحصها مجهرياً دون تجهيزها لن يجدي نفعاً ،وحتى تكون جاهزة للفحص تمر العينة بعدد من المراحل المخبرية ،وبالتالي تكون نتائج الفحص المجهري التي نخرج بها صحيحة وسليمة ومتطابقة مع واقع المادة المراد دراستها. الشكل (١- ١) يبين لنا الفرق بين ما يمكن رؤيته على جزء من سطح عينة تم تجهيزه في المختبر والجزء الثاني من نفس العينة لم يتم تجهيزه ،وبالتالي لا يمكننا الحصول على تفاصيل البنية الداخلية للعينة ويعتمد الفحص المجهري على مبدأ انعكاس الضوء عن سطح العينة بهدف تشكيل خيال وهمي لهذا السطح يرى من خلال العدسة العينية للمجهر.



الشكل (١- ١) شكل تمثيلي لتجهيز عينة الاختبار من عدمه

معدات الاختبار :

حتى يتسنى لنا تجهيز عينات الاختبار ،يجب توفير المعدات التالية :

- ماكينة قطع العينات (منشار يدوي يكون كاف بالنسبة للمعادن الطرية).
- جهاز إسناد.
- جهاز صنفرة.
- جهاز كهربائي لصقل العينات.
- محلول إظهار.
- جهاز تجفيف.
- ماء مقطر.
- زجاجة مدرجة.

الشروط الواجب توفرها لسطح العينة من أجل خيال واضح للبلورات :

أ. يجب أن يكون حدود البلورة واضحة.
ب. أن تكون شدة الضوء المنعكس عن سطح كل بلورة مختلفة عن شدة الضوء المنعكس عن بلورة أخرى.

خطوات تحضير سطح العينة للفحص :

إن الغرض من التجربة هو تحضير عينة لغرض فحصها مجهرياً والتمكن من رؤية أشكال الحبيبات وحدودها البلورية المحيطة بالجزيئات وكيفية ترتيبها الهندسي في المادة ومدى تأثير التشويه ووجود الشوائب عليها. ويتم ذلك من خلال سلسلة من العمليات يتم إجراؤها على القطعة المعدنية لغرض الحصول على سطح ملائم للفحص المجهري.

١) اختيار العينة :

يجب اختيار مكان أخذ العينة بحيث تمثل الكتلة المأخوذة منها تمثيلاً صحيحاً حتى نخرج باستنتاجات سليمة وذات قيمة علمية بعد الفحص ،هذه بعض الأمثلة على كيفية اختيار عينات الاختبار:

أ. إذا أردنا فحص منطقة من منشأة حصل لها كسر مثلاً ،يجب أخذ العينة من مكان الكسر أو التشوه حتى يمكننا الخروج بنتائج تعطينا سبب حدوث هذا الكسر.

ب. إذا أردنا فحص منشأة تم تشكيلها بعملية الدرفلة[1] مثلاً ،في هذه الحالة يجب علينا أن نقص عينتين ،الأولى في اتجاه الدرفلة والثانية في الاتجاه العمودي لاتجاه الدرفلة ،وهكذا يمكننا أن نقدر بشكل دقيق مدى التشوه الذي حصل للحبيبات المكونة للمادة أثناء عملية الدرفلة.

٢) قطع العينة :

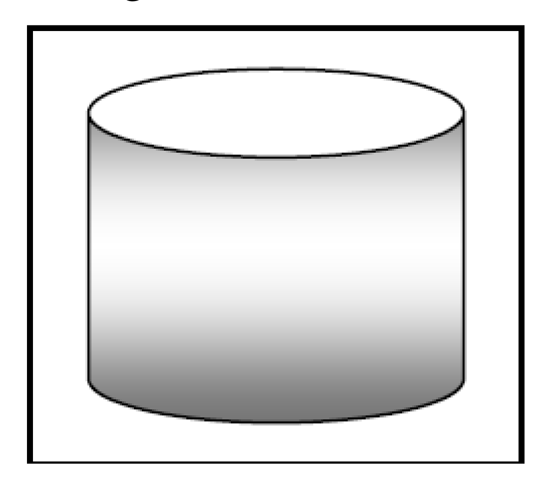
يتم قطع العينة باستعمال جهاز قطع العينات الموضح في الشكل (١- ٢) ،ويجب الاحتياط أثناء عملية القطع حتى لا تحدث تغيرات في بنية المعدن نتيجة الحرارة ، الاجهادات الميكانيكية العالية.

عينات اختبار الفحص المجهري يمكن أن تكون على شكل مكعب أبعاده (10x10x10)مم ولكن الأكثر استعمالاً هي العينات ذات الشكل الاسطواني كما في الشكل (١- ٣) لأنها سهلة التعامل معها ، قطرها وارتفاعها يتراوحان بين 15و30 مم.



[1] الدرفلة:.........

الشكل (١- ٢) ماكينة قطع العينات



الشكل (١- ٣). شكل عينة الاختبار

٣) إسناد العينة :

تسمى كذلك عملية تحضين العينة ،حيث إنه إذا كانت العينات المراد فحصها صغيرة سيصعب مسكها باليد لإجراء العمليات التالية من تنعيم وتلميع ،في هذا الإطار ،توضع العينة في جهاز الإسناد الموضح في الشكل (١- ٤)،يتم صهر مادة لدنة[2] حولها من جميع الجهات عدا الجهة المراد فحصها ،درجة حرارة انصهار المادة اللدنة تقدر بحوالي 200c و يتم كبسها أي الضغط عليها باستعمال المكبس الهيدروليكي لجهاز الاسناد.

بعد عملية التبريد،تكون المادة اللدنة والعينة كتلة واحدة متماسكة كما هو موضح في الشكل (١- ٥) حيث تصبح العينة المراد فحصها موضوعة في قالب و في حالة يسهل مسكها وبالتالي تنعيمها وتلميعها لاحقاً.



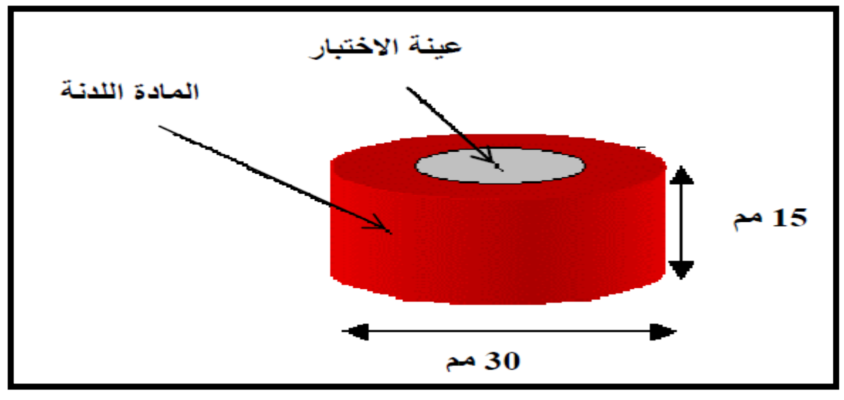
2 مادة لدنة تعني:....

الشكل (١- ٤). جهاز إسناد العينات

خطوات عملية الإسناد :

١. وزن الكمية المناسبة من المسحوق البلاستيكي ،وتحدد الكمية حسب قطر اسطوانة المكبس.

٢. توضع العينة داخل الاسطوانة فوق المكبس بحيث يلامس سطح العينة المراد فحصها سطح المكبس مع ملاحظة أن تكون العينة في المركز.



تبار بعد عملية

٣. يتم وضع الكمية المناسبة من المسحوق البلاستيكي داخل الاسطوانة (حول العينة) ومن ثم قفل الاسطوانة من الأعلى جيداً.

٤. يرفع الضغط داخل الاسطوانة بواسطة العتلة اليدوية مع مراقبة المؤشر ويتم التوقف عند الوصول للقيمة الموصى بها ،تحدد قيمة الضغط حسب قطر اسطوانة المكبس ونوع مادة المسحوق البلاستيكي (راجع الجدول الخاص بالمكبس).

٥. توضع وحدة التسخين حول الاسطوانة ويتم مراقبة ارتفاع درجة الحرارة بواسطة الترمومتر وتحدد درجة الحرارة المناسبة حسب نوع مادة المسحوق البلاستيكي (راجع الجدول الخاص بالمكبس) ،وعند وصول درجة الحرارة المناسبة ،يتم إزالة وحدة التسخين ،وتوضع وحدة التبريد.

٦. مدة التبريد ٣٠ دقيقة إذا كان التبريد بالهواء و ٢٠ دقيقة إذا كان التبريد بالماء ،يتم بعدها فتح الصمام للتخلص من الضغط.

٧. فتح غطاء الاسطوانة و إخراج العينة. يمكن في بعض الحالات الاستغناء عن جهاز الإسناد (حيث الضغط والحرارة) باستخدام مادة بديلة لدنة تصب حول العينة بدون ضغط أو حرارة ويستخدم لهذا الغرض نوع من لدائن البلاستيك التي تتصلد بإضافة

مركب مثل راتنج ايبوكسي (resin-epoxy) وتسمى هذه العملية بعملية الإسناد على البارد.

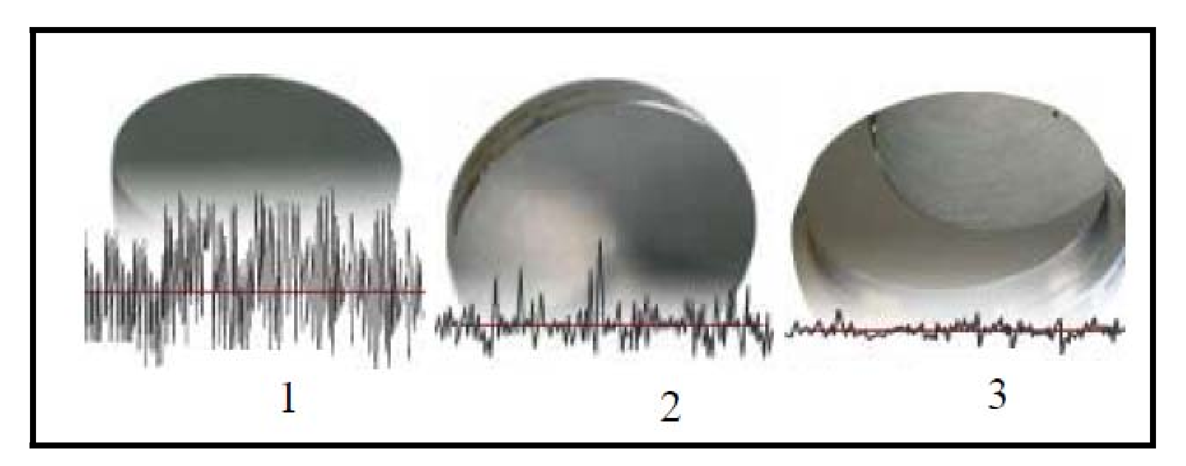
٤) الصنفرة (الشحذ) Edging :

تجري هذه العملية لإزالة الخدوش الموجودة على العينات نتيجة عملية القطع ،تتم عملية الصنفرة باستخدام ورق التنعيم (الصنفرة) مدرج في نعومته ،حيث يبدأ العمل بتنعيم العينة على ورق الصنفرة (١٢٠ درجة نعومة) ونتدرج إلى درجات النعومة الأعلى أي إلى الدرجات (١٨٠- ٢٤٠- ٤٠٠) حتى نصل إلى أعلى نعومة وهي (٦٠٠) ،درجات النعومة هذه تدل على عدد حبيبات كربيد السيلكون في (١سم٢) الموجودة على سطح ورق التنعيم.

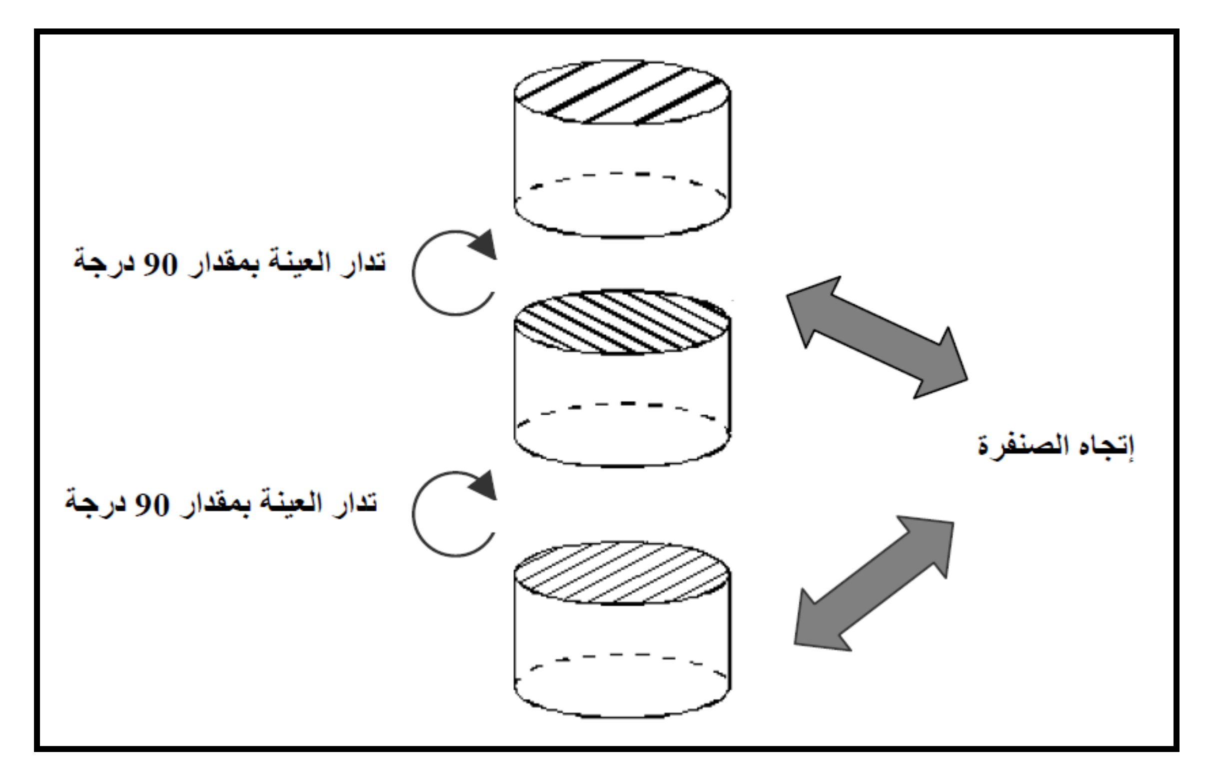
يوضع ورق التنعيم (الصنفرة) على جهاز التنعيم المبين في الشكل (١- ٦) ،وتوضع العينة على ورق الصنفرة ونضغط بقوة مناسبة فتختفى الخدوش الأصلية ويظهر مكانها خدوش أقل خشونة تحدثها الصنفرة في اتجاه التنعيم كما يوضحه الشكل (١- ٧) ،عندئذ ننتقل إلى درجة نعومة أعلى وتجري عملية التنعيم في الاتجاه العمودي أي تدار العينة بمقدار ٩٠ درجة بالنسبة للاتجاه السابق حتى تختفي الخدوش المتكونة من الصنفرة السابقة كما هو موضح في الشكل (١- ٨) ،نكرر هذه العملية حتى نصل إلى أنعم درجة مستخدمين ضغوط أقل كلما انتقلنا إلى درجة نعومة أعلى ،يجب مصاحبة عمليات الصنفرة باستخدام الماء لغسيل العينة المستمر وتبريدها أثناء عملية الصنفرة في جميع مراحلها.



الشكل (١- ٦). جهاز الصنفرة والتنعيم



الشكل (١- ٧). عملية الصنفرة تزيل تدريجياً خشونة سطح العينة



الشكل (١- ٨). حالة سطح العينة بعد عمليات الصنفرة المتتالية

٥) **التنعيم (التلميع)** Polishing :

حيث يتم التلميع بواسطة القرص الدوار المستخدم في عملية الشحذ لكنه يكون مغطى بقطعة أو طبقة من اللباد أو قماش ذات خطوط ناعمة من أكسيد الألمنيوم ويستمر التلميع حتى يصبح السطح تماما خالياً من الأثلام والخدوش ،والهدف منه إزالة الخدوش الدقيقة جداً باستخدام محلول مكون من حبيبيات مادة صلدة وماء يتم صبه على قماش خاص يسمى قماش الجوخ المثبت على جهاز الصنفرة ،يتم على أثرها صقل سطح العينة
ويمكن أن يكون التلميع يدويا أو آليا حيث تتم الحركة من المحيط إلى المركز للحفاظ على المادة المستخدمة.
حبيبات المادة المستعملة في المحلول المائي التي تقوم بالصقل هي المركبات الكيميائية الشائعة الاستعمال مثل : أكسيد الألمنيوم و أكسيد الكروميك و أكسيد الماغنسيوم وتستخدم هذه المواد ملعقة في الماء المقطر ،ثم يتم بعدها غسل العينة جيداً بالماء المقطر أو باستعمال الكحول ويتم تجفيفها مباشرة بالمجفف الهوائي أو باستعمال القطن.
٦) **التنميش (الإظهار)** Etching Scratching:

لإظهار تركيب البنية الداخلية بالفحص المجهري يجب إظهار مكوناتها المختلفة عن بعضها البعض بحيث يمكن التفرقة بينها ،يأتي ذلك بتآكل متباين بين محاليل كيميائية معينة وبين مكونات العينة ،بمعنى أن يتفاعل المحلول الكيميائي مع المكونات المختلفة للعينة بمعدلات متباينة.
هناك عدة محاليل كيميائية تستخدم في عملية الإظهار تختلف حسب نوع معدن العينة المراد فحصه وهي موضحة بالجدول التالي :

محلول الإظهار	التركيب الكيميائي للمحلول	المعادن المناسبة
النيتال	٢٪ حمض النيتريك + ٩٨٪ كحول	عينات الصلب وحديد الزهر
كلوريد الحديديك الكحولي	٥ جرام كلوريد الحديد وزناً ٢ مل حمض اليدرو كلوريك ٩٥ مل كحول	النحاس وسبائكه
أحماض مخلوطة	١٥ ٪ حمض هيدروفلوريك ١٠٪ حمض هيدرو كلوريك ٢٥٪ حمض النيتريك مركز	الألمنيوم وسبائكه

الشكل (١- ٩) جدول محاليل الإظهار

عملية الإظهار تتم بإتباع الخطوات التالية:

أ. وضع كمية من محلول الإظهار في زجاجة ساعة.

ب. غمس سطح العينة المعدة للفحص في محلول الإظهار لوقت مناسب على سبيل المثال المدة المناسبة لعينة من الصلب المنخفض الكربون في محلول النيتال تتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ ثانية.

التنظيف والتجفيف مرة أخرى :

بعد انتهاء المدة الزمنية اللازمة في عملية الإظهار نتبع الخطوات التالية :

أ. رفع العينة وغسلها بماء حار (من الصنبور).

ب. تغمس أو تغسل بالكحول الميثيلي.

ت. تجفف العينة بتيار هوائي ساخن.

بعد الانتهاء من كل هذه الخطوات تكون العينة جاهزة للفحص المجهري.

التطبيق العملي لتحضير سطح العينة للفحص

الأدوات المستخدمة :

١. مجهر ضوئي خاص بفحص المعادن.

٢. منشار يدوي او كهربائي (Cutter).

٣. جهاز تنعيم ،أو(جلخ،أي: كشط)*(Grinding)* أو أوراق صنفره (كربيد السليكون) ذات درجات خشونة مختلفة

٤. جهاز صقل (polishing) .

٥. محلول مساعد للصقل :- وهو محلول يزيد من سرعة الصقل مثل: معجون الماس.

٦. أكسيد الألمنيومِ ($AL_2\ O_3$)أو أي مادة مناسبة.

٧. أداة تشطيب ،أو إنهاء سطحي.

٨. مجفف عينات (Dryer).

٩. محلول مظهر، أو كاشف.

١٠.كحول إيثيلى +٢٪حامض النتريك (98%) .

١١.كحول إيثيلى +٥٪حامض النيتريك (95%) .

خطوات العمل :

١. اختيار العينه المراد فحصها من مكان مناسب.

٢. تقطع العينه على شكل مكعب طول ضلعه (١٥- ٢٠)ملم ،أو اسطوانة قطرها (١٥- ٢٠) ملم. وارتفاعها كذلك.وتكون عملية القطع بواسطة منشار يدوي أو كهربائي حسب الحاجة مع تجنب ارتفاع درجات الحرارة المعدن لأنها تؤثر على الحدود البلورية للجزيئات وقد تؤدي إلى تصليد المعادن مما يصعب تنعيمها وصقلها.

٣. عملية التنعيم (Grinding) : تزال الزوائد و الرايش الموجودة على حافات العينة بالمبرد الناعم ومن بعد ذلك يتم تنعيم العينة على جهاز التنعيم وهو يتكون من قرص دوّار يلصق فوقه ورق الصنفرة . ويكون ورق الصنفرة مصنف بخمس درجات من الأخشن إلى الانعم (٢٢٠- ٣٢٠- ٤٠٠- ٦٠٠- ١٠٠٠) وتجرى عملية التنعيم من مرحلة إلى أخرى حيث نستخدم في المرحلة الأولى ورق الصنفرة الأخشن ٢٢٠ وبعده الأنعم فالأنعم حتى ورق الصنفرة قياس ١٠٠٠ في المرحلة الأخيرة وفي كل مرحلة تدار العينة بزاوية ٩٠ درجة والغرض منها هو إزالة الخطوط والخدوش التي تخلفها المرحلة السابقة. ويجب هنا التنويه بأن ورق الصنفرة قد يبدأ من ٨٠ (الأخشن) و ينتهى برقم ٢٠٠٠ (الأنعم).

٤. عملية الصقل (Polishing) : تصقل العينات على جهاز الصقل الدوار وهو يشبه جهاز التنعيم حيث نلصق على القرص الدوار قماش من الكتان(Cloth)ويضاف إلى القرص الدوار أثناء الدوران ماء مع محلول من أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) إذا كان القماش من النوع الأبيض(الكتان)او معجون الماس إذا كان القماش من النوع الأحمر (قماش القطيفة).

٥. عملية الإظهار هي: عملية توضيح الحدود البلورية وذلك باستخدام محلول كيميائي مناسب مثل(98٪كحول إيثيلى +2٪حامض النتريك او 95% كحول إيثيلى +٥٪حامض النيتريك) او أي محلول مناسب.حيث يتم غمر العينة في هذا المحلول باستخدام ملقط او باستخدام تقنية المسح بإستخدام قطعة قطن مغموره بالمحلول.

٦. عملية التجفيف (Drying) : تغسل العينة بعدها بالماء والكحول إيثيلى وتجفف العينة في تيار من الهواء الساخن باستخدام المجفف الكهربائي.

٧. عملية الفحص (Examination): تفحص العينة بعدها باستخدام المجهر الضوئي بين (١٠٠- ٤٠٠) مرة وقد تصل أحياناً الى ١٠٠٠ مرة .



الشكل (١- ١٠)

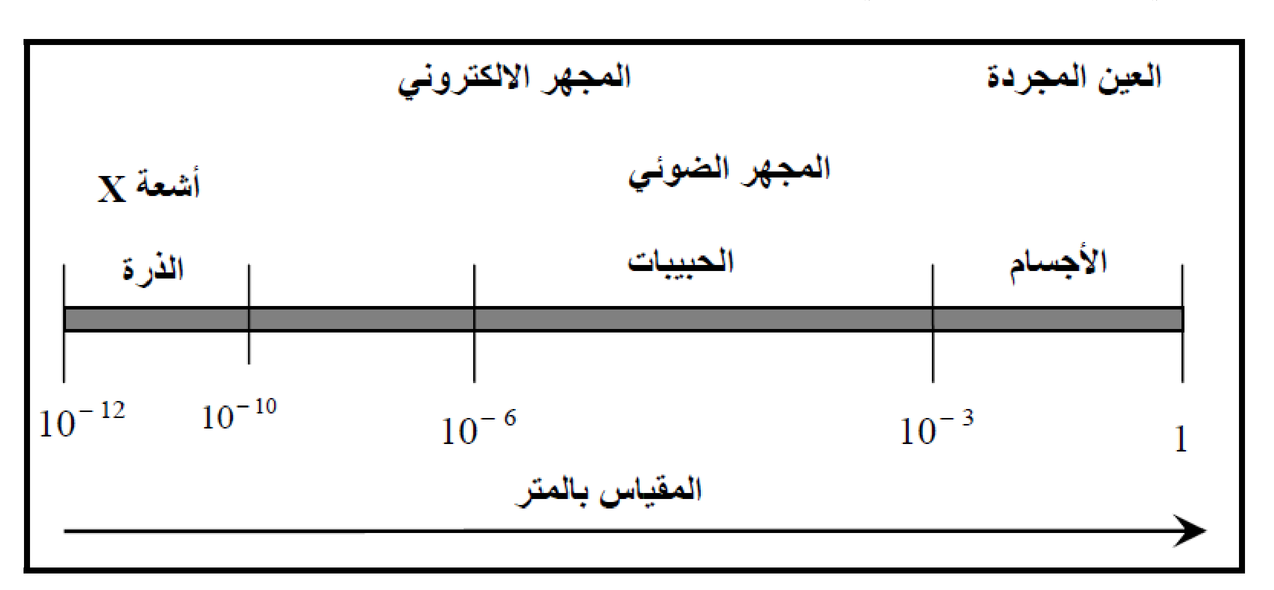
ثانياً : الفحص المجهري

المجهر (الميكروسكوب) The Microscope

مقدمة :

يعتبر المجهر من أهم الأدوات المستخدمة في العلوم الحديثة ،نظراً لاستخداماته في الكشف ودراسة الأجسام الصغيرة التي لا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة.

فهو يمكننا من رؤية التفاصيل الدقيقة للعينة المراد الكشف عنها. الشكل (١- ١١) يبين لنا وسائل الفحص اللازمة مع التدرج في مقياس الأشياء التي نريد فحصها على سبيل المثال : إذا أردنا أدق التفاصيل عن حبيبات المادة احتجنا إلى نوعين من الوسائل المساعدة هما : المجهر الضوئي ،والمجهر الالكتروني.



الشكل (١- ١١). الوسائل المساعدة ومجالات الفحص المجهري

أنواعه Types:

١) **المجهر البسيط** Simple microscope:

وهو عدسة مفردة محدبة الوجهين ذات قوة تكبيرية بسيطة . في العام ١٦٦٥م استطاع العالم الإنجليزي ، روبرت- هوك ، اختراع الميكروسكوب البدائيّ الذي يشبه الميكروسكوب المستعمل في المعامل اليوم . عند فحص قطعة من نبات الفلين تحت ميكروسكوبه البدائيّ اكتشف أنها تتركب من تراكيب كثيرة تشابه خلايا النحل وسمّاها خلايا.

٢) **المجهر المركب** Compound microscope :

يوجد له نظامان منفصلان من العدسات لتكبير الجزء المفحوص والمسماة بالعدسات العينية Eye-piece ،والعدسات الشيئية Objective ، ويحتوي على مصدر للضوء ، إما على شكل مرآة ،أو مصدر إضاءة كهربائي. ولفهم طريقة عمل كلا النظامين من العدسات يجب أن نفهم الأسس و العلاقات بين كل من التكبير Magnification و القدرة التوضيحية Resolving power ، و كذلك الإضاءة.Illumination ،و يعد هذا النوع من أكثر المجاهر استخداماً في معامل الأحياء الدقيقة.



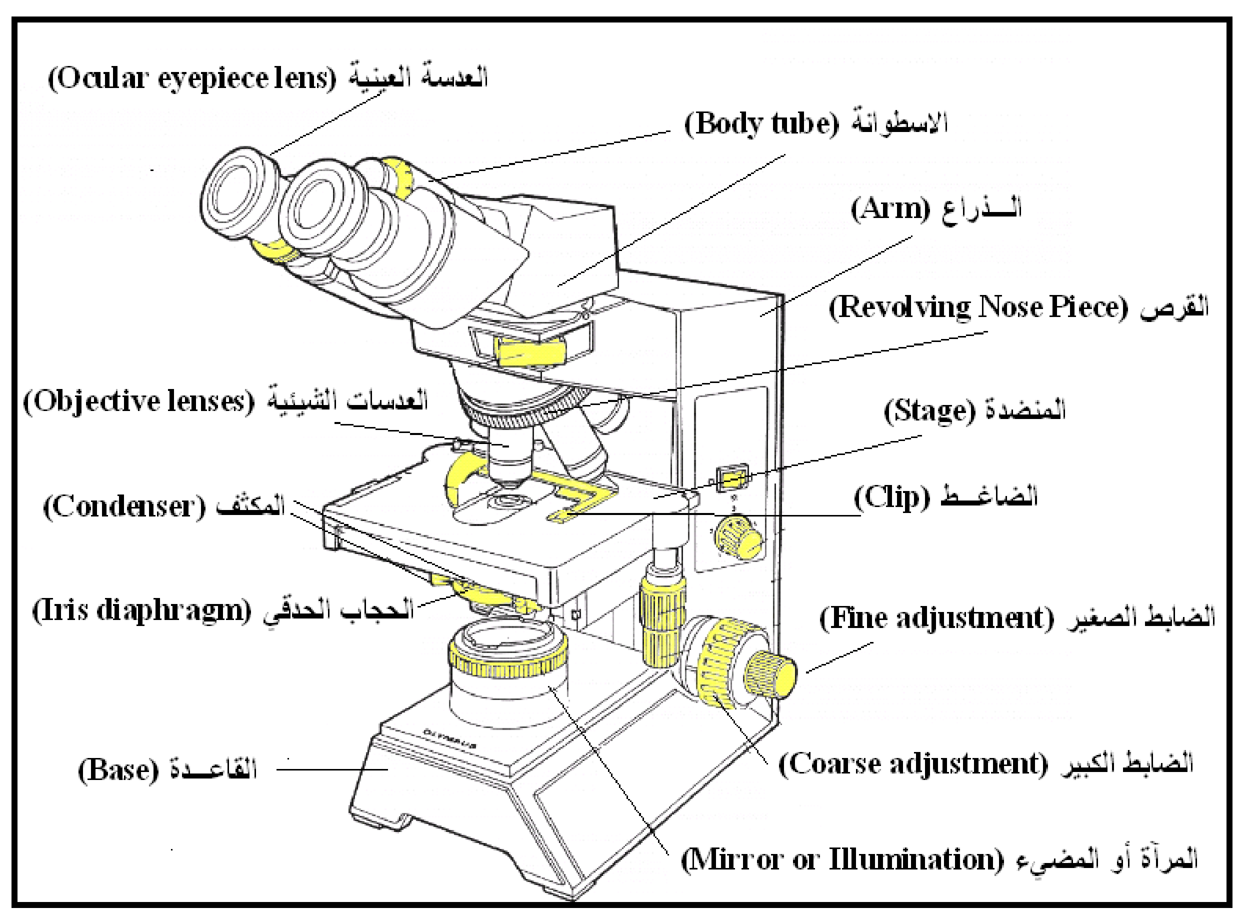
الشكل (١- ١٢)

التكبير Magnification :

يتم التكبير في المجهر المركب من خلال نظامين من العدسات :

العدسات العينية Eye-piece: و هي العدسات القريبة من العين تكبر الصورة الناتجة من العدسة الشيئية ،و تكون قوتها التكبيرية مكتوبة عليها.

ولحساب القوة التكبيرية للمجهر نستخدم المعادلة التالية : التكبير الكلي= قوة تكبير العدسة الشيئية × قوة تكبير العدسة العينية.



الشكل (١- ١٣) أجزاء المجهر الضوئي المركب

تفاصيل تركيب المجهر :

يتركب المجهر من عدة أجزاء رئيسية و هي :

١) **الاسطوانة :** Body tube

وهي الجزء الاسطواني في المجهر التي تحمل أعلاها العدسة العينية.

٢) **العدسات الشيئية** :Objective lenses

وهي العدسات القريبة من العينة المراد فحصها وتكون قوة التكبير محفورة على حاملها المعدني.

و تشمل العدسات الشيئية الماسحة scanning ، و الصغرى low power ، و الكبرى high power ، و العدسة الزيتية. oil-immersion.

٣) **المنضدة :** stage

هي السطح الذي نضع عليه الأجسام المراد فحصها ،ويوجد في مركزها فتحة صغيرة تسمح بمرور الضوء خلال الشريحة.

٤) **المكثف** Condenser : يعمل على إعطاء كثافة مناسبة من الضوء لتوضيح الرؤية عن طريق تجميع و تركيز الضوء

٥) **الحجاب الحدقي** Iris diaphragm : الموجود أعلى المكثف مباشرة و يعمل على التحكم بكثافة الضوء المار.

٦) **القرص :** Revolving Nose Piece

وهو جزء دائري متصل بالجزء السفلي من الاسطوانة ويستعمل لتغيير أوضاع العدسات الشيئية المتصلة به.

٧) **الضابط الكبير :** Coarse adjustment

وهو عبارة عن عجلة كبيرة موجودة على جانبي المجهر ، وتستعمل لتنظيم المسافة بين المنضدة والعدسة الشيئية للحصول على رؤية واضحة.

٨) **الضابط الصغير:** Fine adjustment

وهو عبارة عن عجلة صغيرة موجودة على جانبي المجهر ،حيث تستخدم للمساعدة على رؤية الهدف بصورة اوضح.

٩) **المرآة أوالمضيء:** Mirror or Illumination

وظيفتها عكس وتوجيه الأشعة من مصدر خارجي إلى العدسة الشيئية مارة بالشريحة المراد تكبيرها ،وللمرآة سطحان أحدهما مستو و الآخر مقعر،وذلك للتحكم بكثافة الضوء المنعكس.

١٠) **الضاغط:** Clip

هناك ضاغطان على المنضدة يستعملان لتثبيت الشرائح عليها.

١١) **الذراع:**Arm

وهو الدعامة التي تستعمل لحمل المجهر والتي تحمل أيضاً الاسطوانة.

١٢) **القاعدة** Base:

تستخدم لتثبيت المجهر و يوجد عليها مفتاح الإضاءة وسلك لمرور التيار الكهربائي و مصباح للإضاءة.

طريقة استخدام المجهر :

تضبط المسافة بين العدسات العينية بتحريكها لليمين ،أو اليسار بحسب البعد بين العينين للمستخدم.توضح الرؤية في العدسات العينية بتدويرها لتعديل الفارق البصري في العينين إلى أن تعطي أوضح صورة.

عند استخدام العدسة الشيئية الماسحة ×٤ والعدسة الصغرى ×١٠ توضع في مكانها الصحيح وذلك بأن تسمع صوت عند ثبات العدسة وباستعمال الضابط الكبير توضح العينة ولكن بدرجة قليلة ثم يستخدم الضابط الدقيق للحصول على أفضل رؤية وتضبط شدة الإضاءة باستخدام المكثف ،وكذلك باستخدام الحجاب القزحي ، أو باستخدام مفتاح الإضاءة بزيادة كمية الضوء ،أو تقليلها.

ملاحظات مهمة للعناية با لمجهر :

- احرص على تنظيف المجهر قبل وبعد الاستخدام بورق خاص وباستعمال محلول الزيلين العدسات والمسرح.
- لا تلمس العدسات بأصابعك حتى لا تتسخ وتصعب الرؤية.
- لا تترك الشرائح على الميكروسكوب أبدا بعد الاستعمال.
- احمل المجهر باستعمال ذراع المجهر وقاعدته.
- قد تظهر عوالق على العدسات أثناء الفحص ولمعرفة ذلك قم بتحريك العدسات دائريا فإذا دارت معها فهذا يعني أنها مجرد غبار.
- لضبط الرؤية باستخدام العدستين العينيتين تسحب إلى الجانب لضبط المسافة بين العينين.

طريقة حساب قوة التكبير:

لحساب التكبير الكلي للجسم المراد فحصه تحت المجهر اتبع الطريقة التالية:

- لاحظ قوة تكبير العدسة العينية بقراءة الرقم المكتوب عليها وهو عادة (١٠) مرات.
- لاحظ قوة تكبير العدسة الشيئية بقراءة الرقم المكتوب عليها وهو يختلف باختلاف العدسات الشيئية.

الغرض من الاختبار:

هدفنا هنا ،هو فحص العينات المعدنية ،وبالتالي فإن الاختبار بالفحص المجهري ،يتميز عن نظيره الماكروسكوبي (العين المجردة) بتكبير يتيح لنا رؤية تفاصيل البنية المجهرية السطحية للعينة بوضوح و ما تحتويه من :

أ. شوائب وتصنيفها.

ب. حجم وشكل حبيبات المعدن ،أو السبيكة.

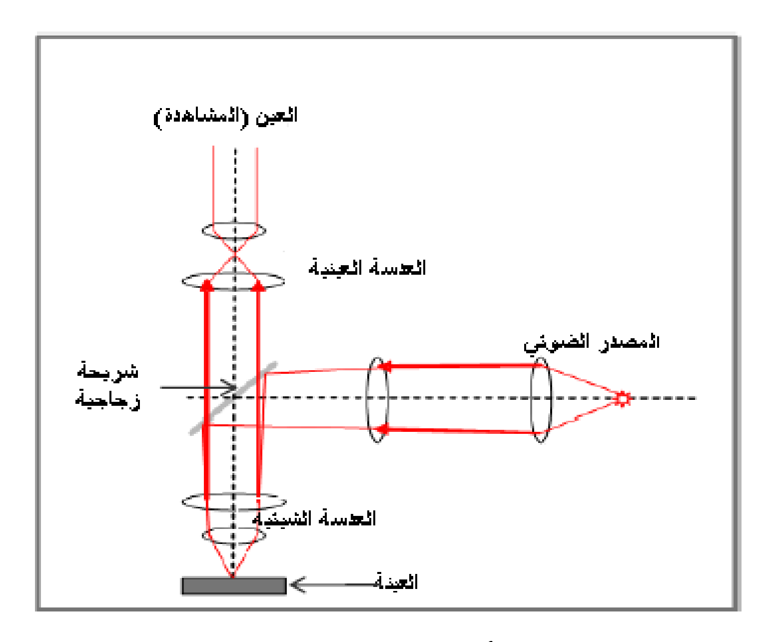
ت. إمكانية قياس أبعاد هذه الحبيبات.

ث. معرفة الأطوار المختلفة التي تتكون منها البنية الداخلية والأحجام النسبية لهذه الأطوار بالنسبه لبعضها البعض.

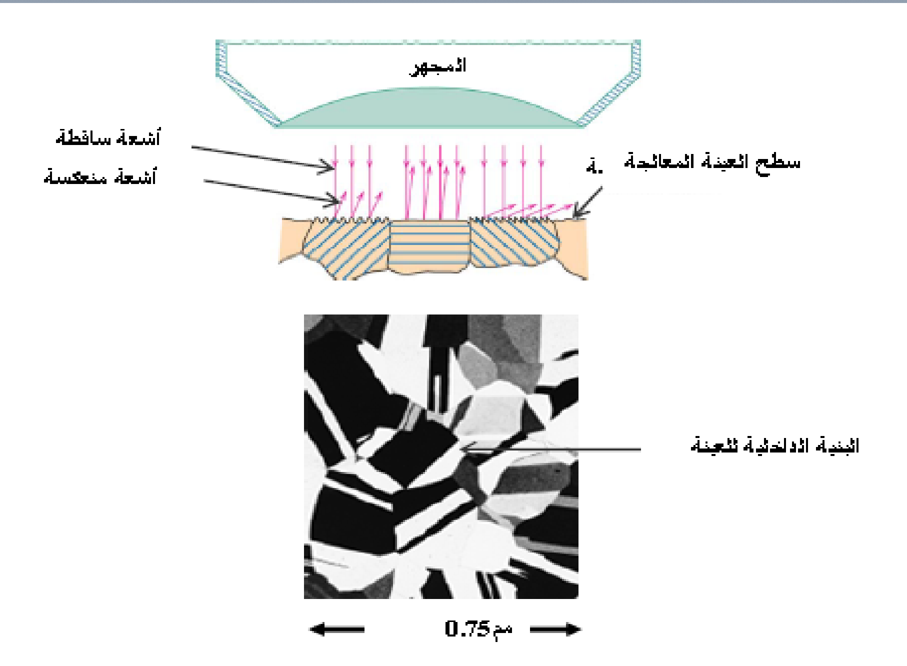
ج. معرفة شكل الحبيبات لكل طور وتوزيعها خلال البنية الكلية.

أجزاء جهاز الفحص :

الشكل (١- ١٤) يبين لنا كيفية تصميم الأجزاء الرئيسية لعملية الفحص المجهري العينات الفلزية عموما غير الشفافة ،وهذا مايجعل المجاهر الضوئية تستخدم الضوء الساقط على العينة ،وتكون مصممة بحيث تسقط الأشعة الضوئية رأساعلى العينة ومن ثم يمكن مشاهدة التركيب الداخلي عن طريق الضوء المنعكس منها كما هو موضح بالشكل (١- ١٥)،ولتسهيل المشاهدة يمكننا ربط جهاز الفحص بشاشة تلفزيونية ،وكذلك التقاط صور فوتوغرافية عن طريق كاميرا فوتوغرافية كما هو موضح بالشكل (١- ١٦).



الشكل (١- ١٤) أجزاء جهاز الفحص المجهري الضوئي



الشكل (١- ١٥) البنية الداخلية كما تظهر تحت عدسة المجهر الضوئي



الشكل (١- ١٦) ميكروسكوب ضوئي موصول بشاشة

تلوين النتائج ثم تحليلها:

تحليل بعض النتائج :

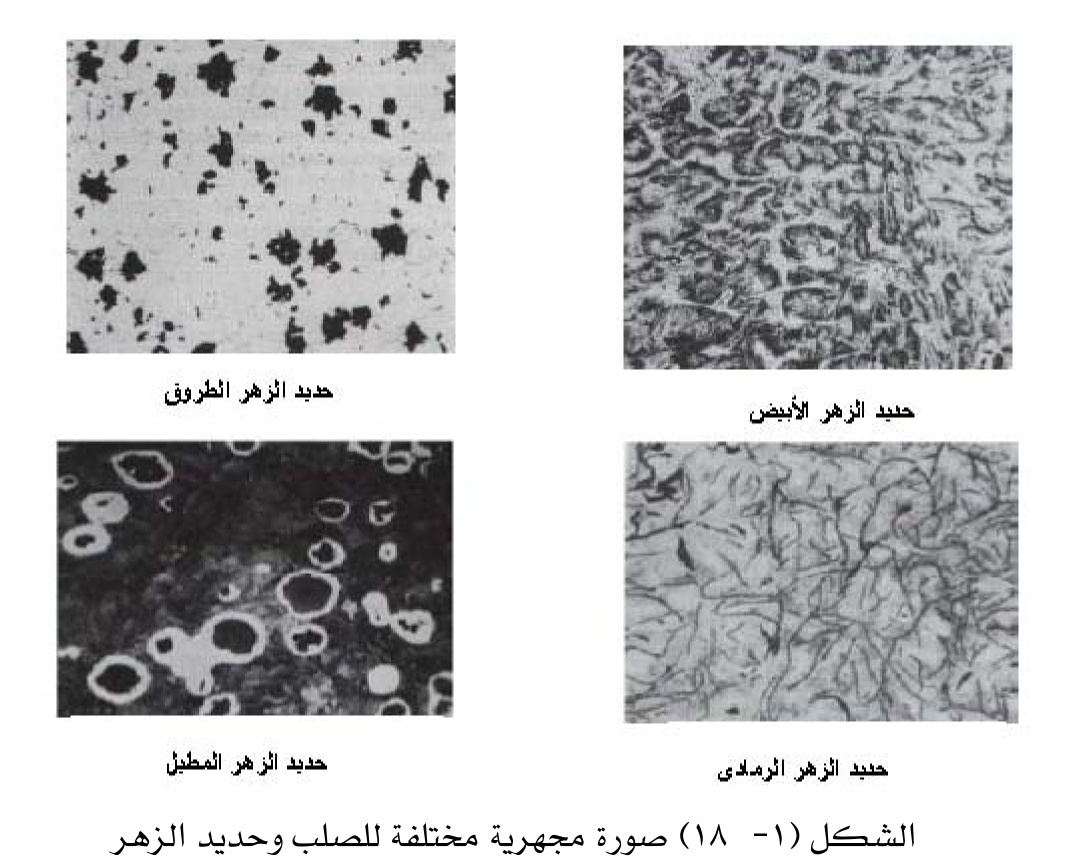
أ. أنواع الصلب الكربوني:

الشكل (١- ١٧) يمثل صور مجهرية مختلفة لعينات من سبائك الحديد والكربون تختلف فيما بينها في نسب الكربون ،والشكل (أ) يظهر لنا شكل الفريت باللون الفاتح ،وطور البرليت باللون الداكن كما في الشكل (ب)،والشكل (ج) فإن زيادة نسبة البرليت في العينة.

الشكل (١- ١٨) يمثل البنية الداخلية لمختلف أنواع حديد الزهر.



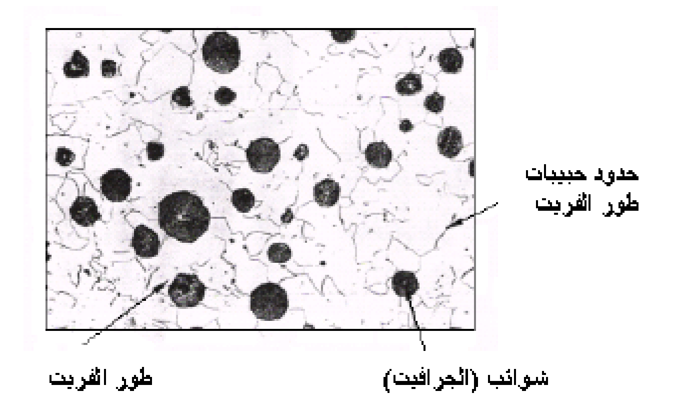
الشكل (١- ١٧) صورة مجهرية مختلفة للصلب



الشكل (١- ١٨) صورة مجهرية مختلفة للصلب وحديد الزهر

وجود الشوائب:

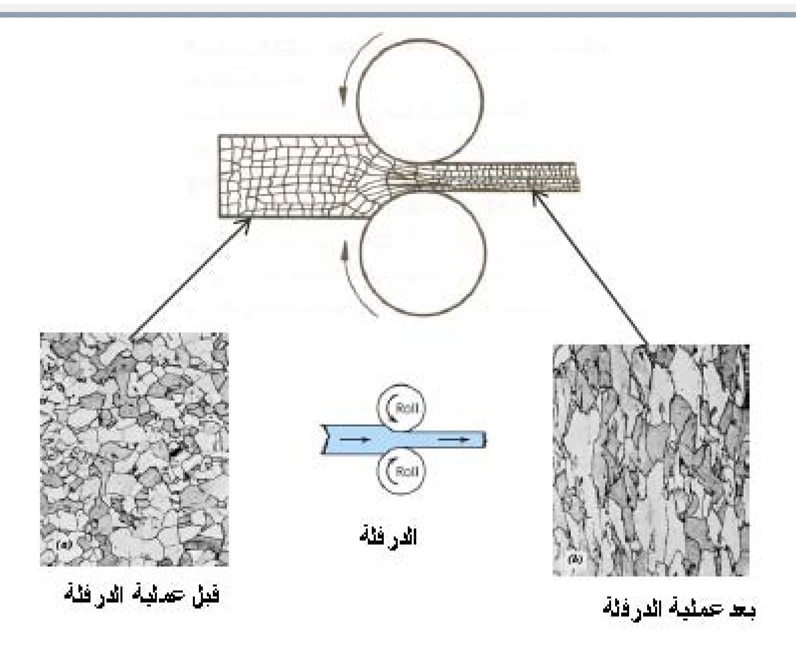
في الشكل (١- ١٩) الصورة المجهرية أخذت لعينة تحتوي على طور الفريت ونشاهد وجود شوائب الجرافيت على شكل كرات سوداء.



الشكل (١- ١٩) حبيبات طور الفريت مع شوائب جرافيت

حجم وشكل الحبيبات :

الصورة المجهرية في الشكل (١- ٢٠) توضح لنا كيف أن شكل الحبيبات الصلب تعرضت هنا لعملية درفلة ،والفحص المجهري يظهر لنا أن حبيبات الصلب تشوه شكلها وأصبحت حبيبات مستطيلة بسبب عملية الدرفلة هذه



الشكل (١- ٢٠) شكل الحبيبات بعد عملية التشكيل بالدرفلة

تعدد الأطوار:

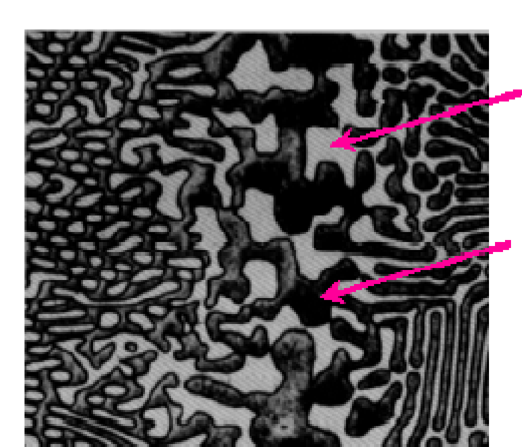
يمكننا بالفحص المجهري مشاهدة عدد أطوار البنية الداخلية للعينة ،الشكل (١- ٢١) يبين طور الاوستبيت[3]، حيث يوجد طور واحد ،وذلك لأن الحبيبات هنا متجانسة في اللون والشكل.



الشكل (١- ٢١) حبيبات طور الاوستبيت

الشكل (١- ٢٢) يوضح صورة مجهرية لسبيكة مكونة من عنصر الألمنيوم ،وعنصر النحاس ،حيث يمكننا مشاهدة طورين اثنين،الطور الأول يتميز بلون فاتح والطور الثاني بلون داكن.

[3] ؟

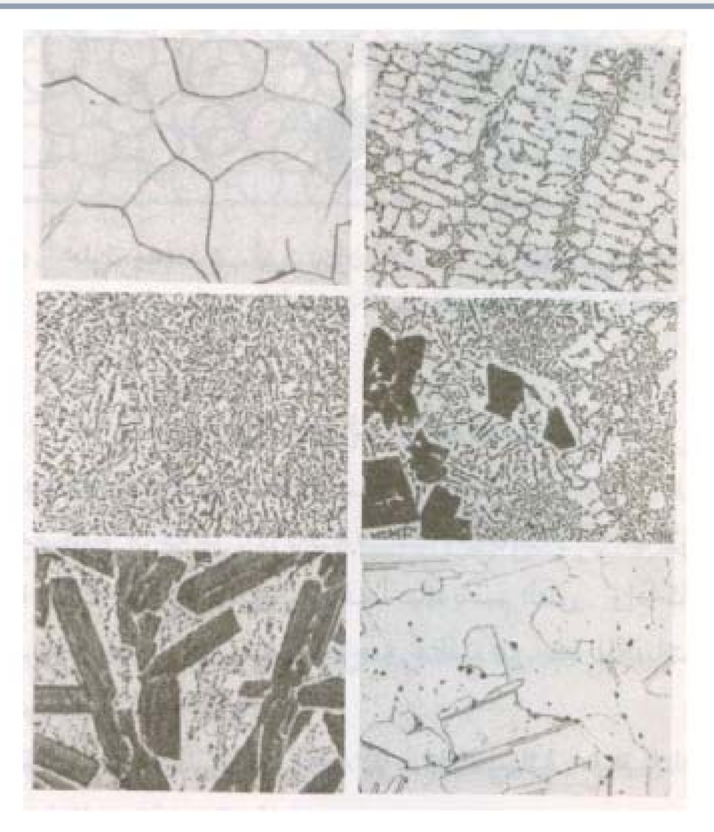


الشكل (١- ٢٢) سبيكة ألمنيوم –نحاس وجود طورين

الشكل (١- ٢٣) يوضح لنا التركيب الميكروسكوبي لسبائك من الألمنيوم ،والسليكون ،حيث نلاحظ تغير شكل وتوزيع الأطوار تبعا لتغير نسب الخلط والذي يؤدي إلى تغييرات في البنية الداخلية للسبيكة.

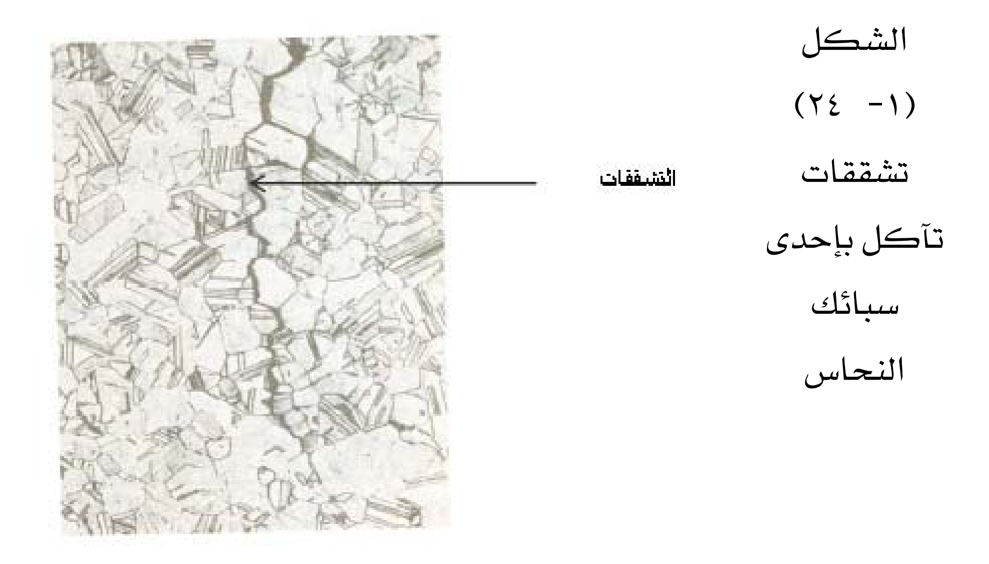
كشف العيوب:

الشكل (١- ٢٤) يمثل نتيجة فحص مجهري لعينة أخذت من سبيكة نحاس خضعت للتشكيل على البارد ،زيادة الطاقة الداخلية في المادة المصاحبة للتشكيل على البارد ،والتي تكون في شكل اجهادات تعرف باسم الاجهادات الداخلية وبالذات المتركزة عند حدود الحبيبات تجعل المادة أكثر عرضة للتآكل عند حدود هذه الحبيبات ،ويعرف ذلك بالتآكل الاجهادات ،ويؤدي هذا إلى تشقق المادة كما هو موضح بالشكل (١- ٢٤).



الشكل (١- ٢٣) تغير البنية الداخلية لسبائك ألومونيوم –سيلكون مع تغير نسب التركيبة

الشكل
(١- ٢٤)
تشققات
تآكل بإحدى
سبائك
النحاس



تدوين

الاختبارات ومناقشة نتائجها

بعد الانتهاء من كافة الفحوصات المجهرية على عينات الاختبار ،يتم تدوين النتائج في الجدول التالي :

نوع العينة	التكبير	صورة او رسم للتكبير الدقيق للعينة	ملحوظات

التدريبات والتمارين

س ١ : اذكر خطوات تحضير سطح العينة للفحص ؟

س ٢ : كيف تتم عملية الإظهار ؟

س ٣ : ماذا يقصد بكل من المصطلحات الآتية :

العدسات العينية ؟ العدسات الشيئية ؟ المكثف ؟

س ٤ : ما هي طريقة استخدام المجهر ؟

س ٥ : كيف يتم التكبير في المجهر ؟

نموذج تقويم المتدرب لمستوى أدائه يعبأ من قبل المتدرب وذلك بعد التدريب العملي أو أي نشاط يقوم به المتدرب					
بعد الانتهاء من التدريب على إعداد العينات وتجهيزها للفحص المجهري ،قوِّم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقويم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة ،وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته ،وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.					
اسم النشاط التدريبي الذي تم التدرب علية إعداد العينات وتجهيزها للفحص المجهري					
م	العناصـــر	مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)			
		غير قابل للتطبيق	لا	جزئيا	كليا
١.	أتقنت معرفة الغرض من تجهيز العينات في المختبر.				
٢.	أتقنت تطبيق العمل على معدات لاختبار اللازمة لعملية التجهيز.				
٣.	أتقنت تطبيق الخطوات اللازمة لإعداد عينات الاختبار.				
٤.	أتقنت خطوات تحضير سطح العينة للفحص.				
٥.	أتقنت تطبيق إجراء عملية المراجعة على عينة من الصلب الكربوني.				
٦.	أتقنت تطبيق عملية الإظهار.				
٧.	أتقنت تطبيق طريقة استخدام المجهر.				
يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي ،أو أنها غير قابلة للتطبيق ،وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا " أو "جزئياً " فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.					

الوحدة الثانية

المعالجات الحرارية

الجدارة:

عند إكمال التدرب على هذه الوحدة فإن المتدرب يكون قادراً على معرفة أنواع المعالجات المطبقة على المعادن وأنواع الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية والصهر.

الأهداف الإجرائية:

بإكمال التدرب على الوحدة التدريبية الأولى يكون المتدرب قادراً على:

- أن يميز منحنى التحولات الطورية المتزنة للحديد والكربون.
- أن يعدد أنواع المعالجات الحرارية.
- أن يعدد أنواع الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية.
- أن يتدرب على جميع المهارات لأول مرة.

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لمهارات هذه الوحدة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع لإتمام الوحدة: (١٠) ساعات تدريبية.

الوسائل التدريبية المساعدة:

- ورشة مجهزة للتدريب على أعمال تقنية اللحام.
- عارض ضوئي.
- جهاز عرض (Data Show).
- صور ولوح عرض وبعض الكتيبات الخاصة بعلم المعادن (الفلزات).

متطلبات الجدارة:

يجب التدرب على المهارات لأول مره.





إرشادات الأمن والسلامة في المعالجة الحرارية للفولاذ



١/ التقيد بلباس السلامة المناسب مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في الورشة.

٢/ استخدامك القفازات الجلدية والمريول الجلدي المضاد للحرارة أثناء عمليات المعالجات الحرارية يجنبك الحروق.

٢/ تنظيم و ترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب.

٣/ المحافظة على النظافة في الورشة.

٤/ عدم العبث بالعدد والمعدات والآلات في الورشة.

٥/ تجنب المزاح في الورشة أو أثناء العمل لما يتسبب في حوادث خطيرة .



٦/ استخدم الأفران والعدد والأدوات حسب إرشادات المدربين لتجنب الحوادث .

٧/ اتبع الطريقة الصحيحة في تنفيذ التجربة حسب إرشادات المدربين لتجنب الحوادث.

٨/ نظف أرض الورشة جيداً من الزيوت أو السوائل لتجنب الانزلاق والحوادث.



الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية

مقدمة:

تسخن المشغولات في عمليات المعالجات الحرارية المختلفة لدرجات حرارة مختلفة حيث يكون نطاق التسخين تقريبا من (١٥٠ إلى ١٣٥٠) درجة مئوية وتتعدد أحجام و أنواع الأفران المستخدمة في المعالجات الحرارية لتغطية تطبيقات المعالجات الحرارية المطلوبة ،ويجب أن تتوفر بعض المتطلبات الهامة في أفران المعالجات الحرارية من أهمها-:

١) يجب أن يكون الفرن مؤمناً عند التشغيل(تتحقق في متطلبات السلامة).

٢)

٣) يجب أن يكون الفرن اقتصاديا في تشغيله.

٤) يجب الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة بسرعة ،وأن يكون الفرن قابلا للتحكم فيه بسهولة من حيث معدلات التسخين و التبريد بالنسبة للزمن.

٥) يجب أن تكون درجة الحرارة في كل حيز التسخين منتظمة.



الشكل (٢- ١)

أنواع أفران صهر المعادن :

يمكن أن نصنف أفران صهر المعادن إلى الأنواع التالية :

١. أفران تعمل بواسطة الوقود الصلب مثل: الفحم الحجري.
٢. أفران تعمل بواسطة الوقود السائل مثل: الفيول ،أو المازوت.
٣. أفران تعمل بواسطة الوقود الغازي.
٤. الأفران العاملة بواسطة الكهرباء.
٥. أفران المقاومات الحرارية.
٦. أفران القوس الكهربائي.

تشغيل وإعداد الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية :

تسخن المشغولات المعدنية إلى درجات حرارة في نطاق (١٥٠ - ١٣٥٠ م°) وتتعدد أشكال الأفران المستخدمة فى المعالجات الحرارية من حيث نوع الطاقة ،أو الوقود المستخدم وكذلك الحجم بما يتناسب مع حجم المشغولات وطبيعتها.

ويهدف التدريب إلى تعرف الطلاب على الأفران الحرارية الخاصة بالمعالجة الحرارية والمتوفرة بالمعامل وطرق تشغيلها وضبط درجات الحرارة ،ويجب أن يكون الفرن مؤمناَ و اقتصاديا فى تشغيله ويتم الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة بسرعة وأن يكون توزيع الحرارة منتظم داخل حيز الفرن ،ويجب ألا يتفاعل جو الفرن مع سطح المشغولات فى درجات الحرارة التى تجرى عندها المعالجة.

كما يتعرف الطلاب على أنواع وسيط التبريد ،وطرق التبريد للعينات ،و الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث إصابات أثناء العمل ،أو تلف للمنتجات كالتشرخ ،أو الالتواء وغيرها.



شكل (٢- ٢) فرن كهربى للمعالجة الحرارية

مخططات الاتزان الحراري

الطور :

هو جزء من المادة متجانس له خواصه الفيزيائية والميكانيكية المميزة ،ويمكن أن تتكون المادة من طور واحد أو عدة أطوار ،والفلزات النقية توجد في ثلاث حالات –حسب درجة الحرارة –هي: الغازية ،والسائلة ،والجامدة ،ويطلق على كل حالة اسم (طور).

وتتكون الفلزات في حالتها الجامدة من حيث الأطوار من:

١- فلز نقي. ٢- فلز سبيك. ٣- مركب. ٤- محلول جامد.

إذا كانت السبيكة جامدة ومكونة من طور واحد ،يكون الفلز في حالة محلول جامد (solid solution)أما إذا كانت غير متجانسة (خليط من عدة أطوار)يكون الفلز في هذه الحالة أحد عناصر طور أو أكثر من السبيكة.

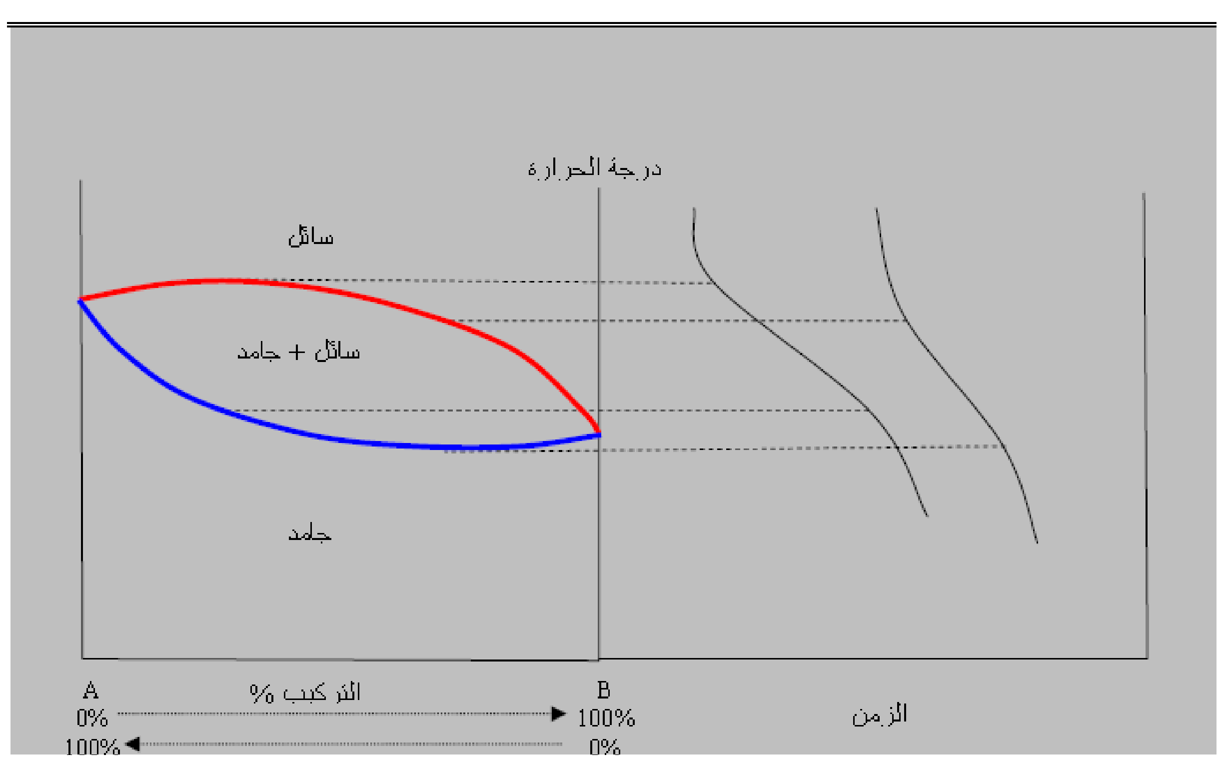
مخططات الاتزان الحراري:

هي عبارة عن رسومات توضح أطوار مختلفة لتنظيم المواد عند اختلاف درجة الحرارة والتركيب ،وبواسطة هذه الرسومات يمكن الحصول على المعلومات الاتية:

- العلاقة بين درجة الحرارة و تركيب المادة مع بيان الأطوار المختلفة.
- تحديد توازن ذوبان المواد في بعضها.
- التعرف على التركيب الكيميائي والأطوار المكونة للسبيكة عند درجة حرارة معينة.
- تحديد إمكانية إجراء المعالجة الحرارية على سبيكة ما من عدمه.
- تحديد درجة حرارة تحول المادة إلى حالة الانصهار والعكس.

ولرسم مخططات الاتزان لا بد من التعرف على طريقة رسم منحنيات التبريد ،والتي من خلالها يتم رسم مخطط الاتزان الحراري لأي سبيكة ،ومنحنى التبريد يوضح العلاقة بين درجة حرارة المادة والزمن بحيث يتم صهر المعدن أو السبيكة ،ومن ثم التبريد ببطء ،وعند تكرار هذه العملية لتركيبات مختلفة من السبيكة يلاحظ في المنحنيات وجود تغير فجائي في معدل التبريد ،ويتم تحديد هذه النقاط في رسم آخر يبين العلاقة بين تركيب السبيكة و درجة الحرارة.

والشكل (٢- ٣) يبين طريقة رسم مخططات الاتزان البسيطة مثل: مخطط الاتزان الحراري لسبيكة من النحاس والنيكل.

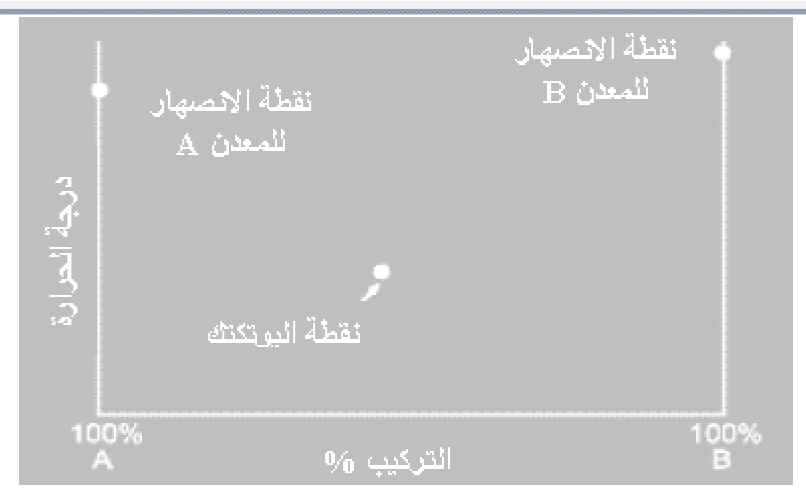


الشكل رقم (٢- ٣)

خطوات رسم المنحنيات الأخرى هي كالتالي:

الخطوة الأولى:

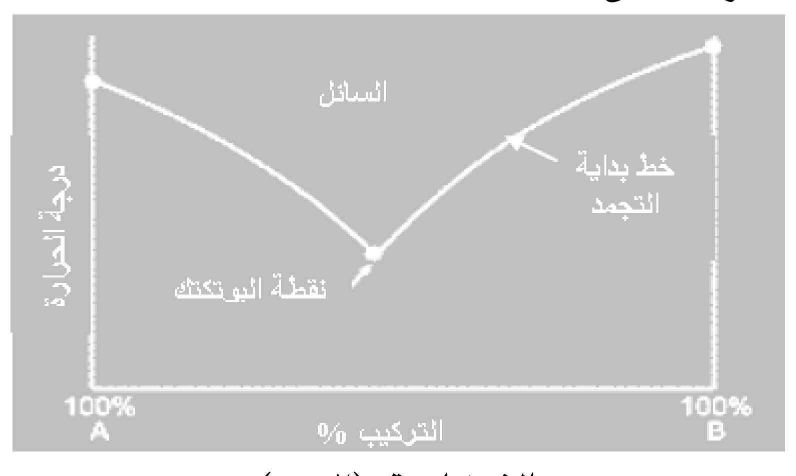
١. يتم تحديد نقط الانصهار لمكونات السبيكة الأساسية ،وذلك بالتسخين حتى الانصهار.
٢. يحدد معدل التبريد للسبيكة عند تراكيب مختلفة.
٣. في بعض الأحيان عند تركيب معين يكون هناك سلوك لمنحنى التبريد يشبه المعدن النقي ويكون عند نقطة تسمى اليوتكتك.



الشكل رقم (٢- ٤)

الخطوة الثانية:

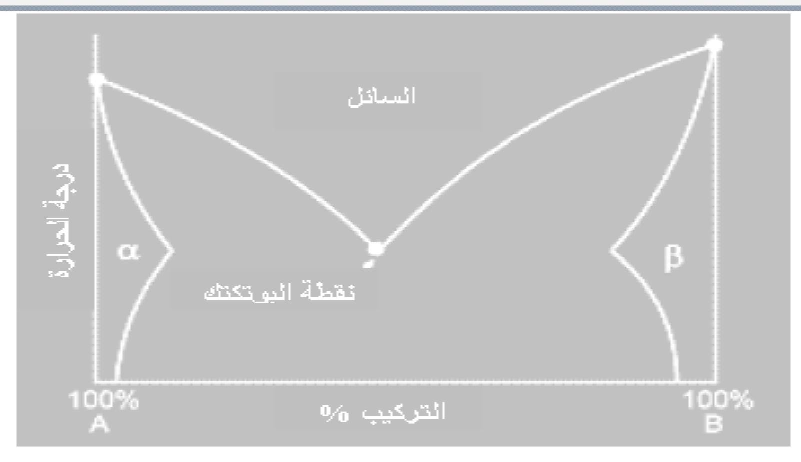
١. يتم تبريد السبائك من الطور السائل.
٢. يتم تسجيل القراءات لمعدلات التبريد.
٣. تؤخذ درجات الحرارة التي يبدأ عندها التجمد.
٤. تمثل هذه القراءات على المخطط.



الشكل رقم (٢- ٥)

الخطوة الثالثة:

١. من المعروف أن هناك حدود لذوبان المواد في بعضها (solid solubility) وبعدها تبقى المواد في صورتها الجامدة أو ما يعرف بالمحلول الجامد(solid solution).
٢. تتغير هذه الحدود بتغير درجة الحرارة.
٣. المحلول الجامد نتيجة ذوبانB في A يسمى alpha(a)والمحلول الجامد نتيجة ذوبان A في B يسمى beta(B).
٤. من المهم جداً ذكر أن هناك بعض السبائك ليس لها محاليل جامدة مثل: سبيكة الألمنيوم –سليكون (A.l-Si) (Zero solid solubility).

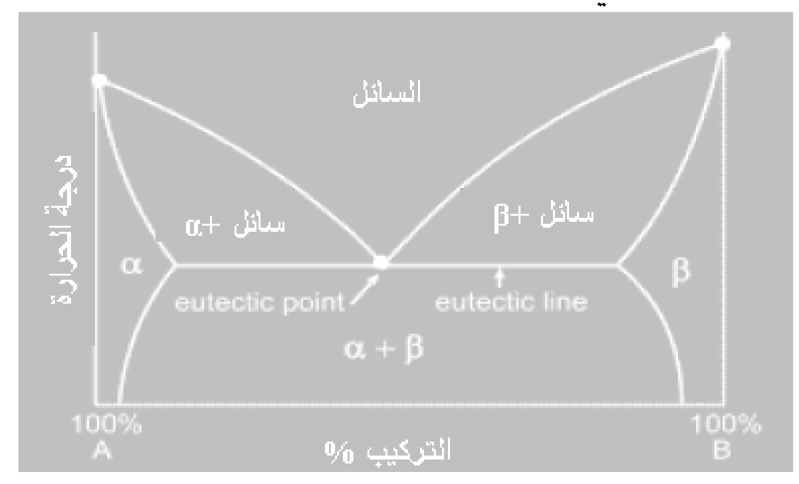


الشكل رقم (٢- ٦)

الخطوة الرابعة:

١. باستثناء أطوار المحاليل الجامدة التي تظهر في جانبي الرسم تكون السبيكة في الطور الجامد تحت ما يسمى درجة حرارة البوتكتك (eutectic Temperature).

٢. الأطوار التي تقع بين خط التجمد (solidification) ،وخط البوتكتك (eutectic line) وطور المحلول الجامد هي خليط منalpha وbeta بصورتها الجامدة.



الشكل رقم (٢- ٧)

وبالنسبة للأطوار التي فيها خليط من (B،a) ،أو (سائل وB) ،أو (سائل وa) فإنه يمكن حساب النسب التي تدخل في تركيب الخليط عند أي نقطة داخل ذلك الطور باستخدام قاعدة ليفر (The Lever Rule) أو في بعض الأحيان يطلق عليها قاعدة الخط الأفقي.

دراسة منحنى التحولات الطورية المتزنة للحديد والكربون

الشكل رقم (٢- ٨) مخطط الاتزان الحراري للحديد والكربون

الأطوار الموجودة في المخطط :

١. عند درجة حرارة الغرفة يوجد طوران هما :

- فريت (Feirite) ،ويرمز له بالرمزه وتركيبه البلوري Bcc.

- سمنتيت (Cementite) ، ويرمز له ب Fe□Cويسمى أحياناً كربيد (Carbide).

٢. طور الاستونيت (Austenite) ويرمز له ب □ وتركيبه البلوريFcc.

٣. طور الفريت ، وهو طور مستقر عند درجات الحرارة العالية.

٤. طور السائل.

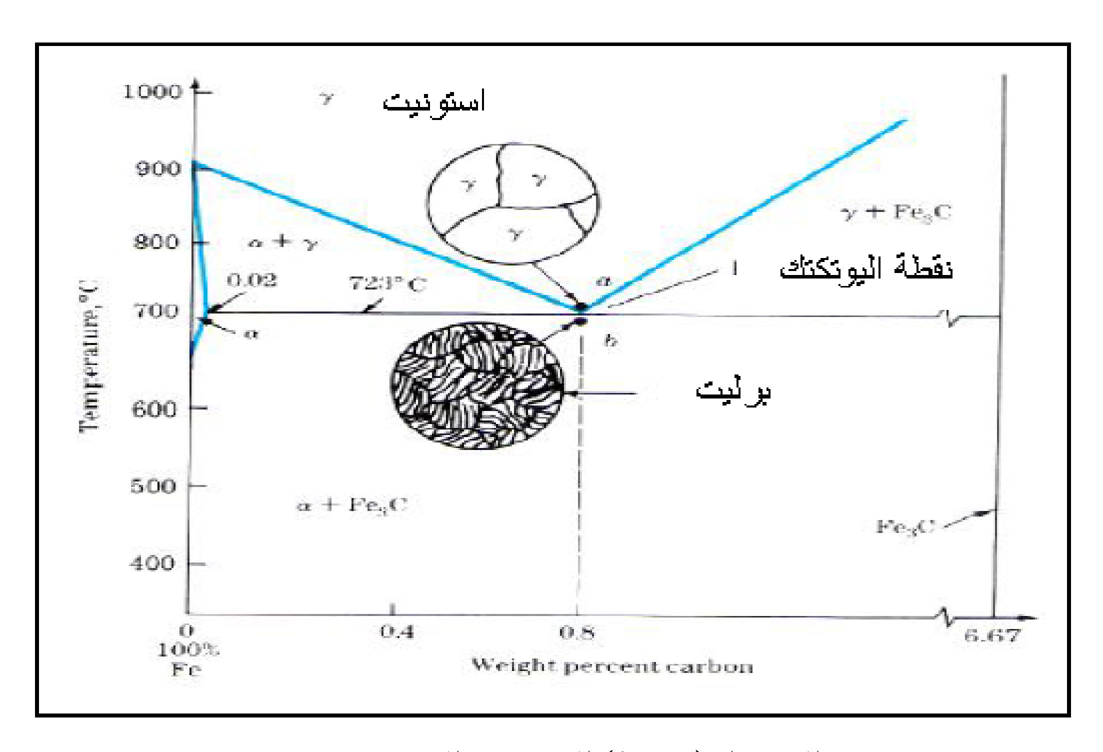
النقاط المهمة على المخطط:

- نقطة اليوتيكتك عند التركيب ٤,٣٪ كربون ودرجة حرارة ١١٣٠ْم.
- نقطة اليوتكتويد عند التركيب ٠,٨٣٪ كربون ودرجة حرارة ٧٢٣ْم.

البنية الدقيقة للفولاذ الكربوني

١) التركيب اليوتكتويدي:

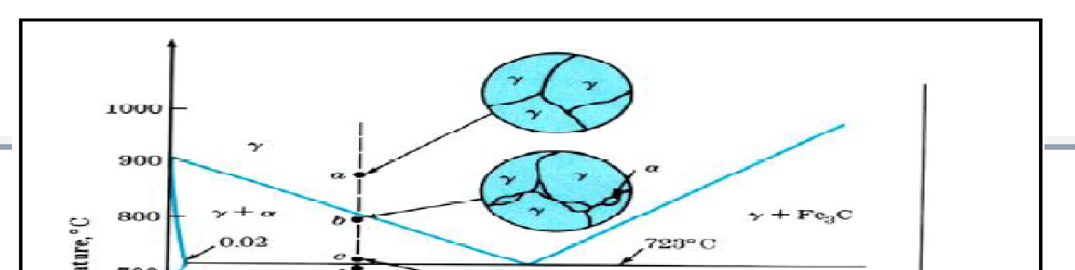
يبدأ من طور الاستونيت ثم ينتقل بالتبريد إلى البرليت (سمنتيت+فريت).



الشكل (٢- ٩) التركيب اليوتكتويدى

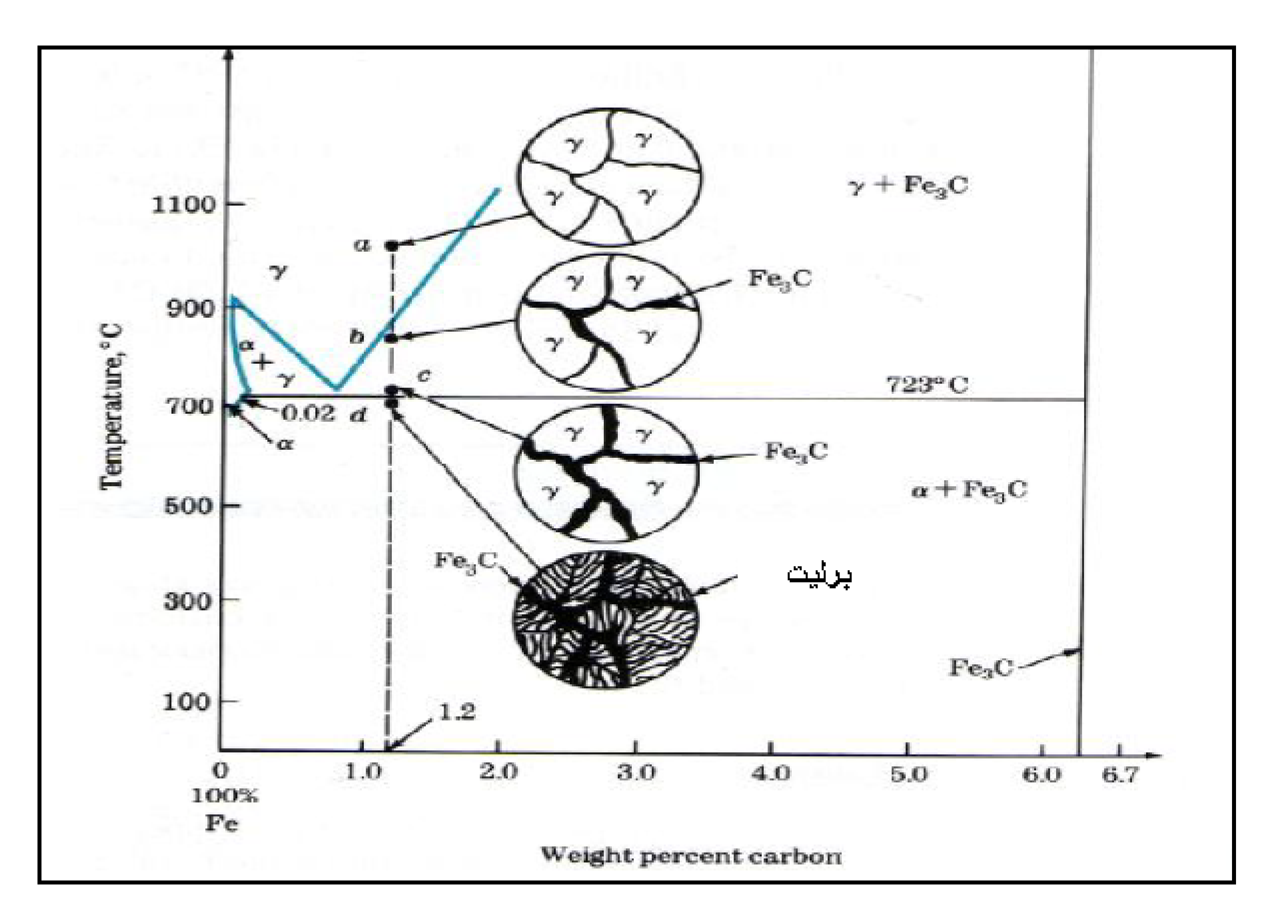
٢) التركيب تحت اليوتكتويدي:

ينتج عندما تكون نسبة الكربون أقل من ٠,٨٣٪ ،ويبدأ من طور الاستونيت ثم يتكون الفريت أثناء عملية التبريد إلى أن نحصل على الفريت + البرليت تحت درجة الحرارة ٧٢٣ْم.



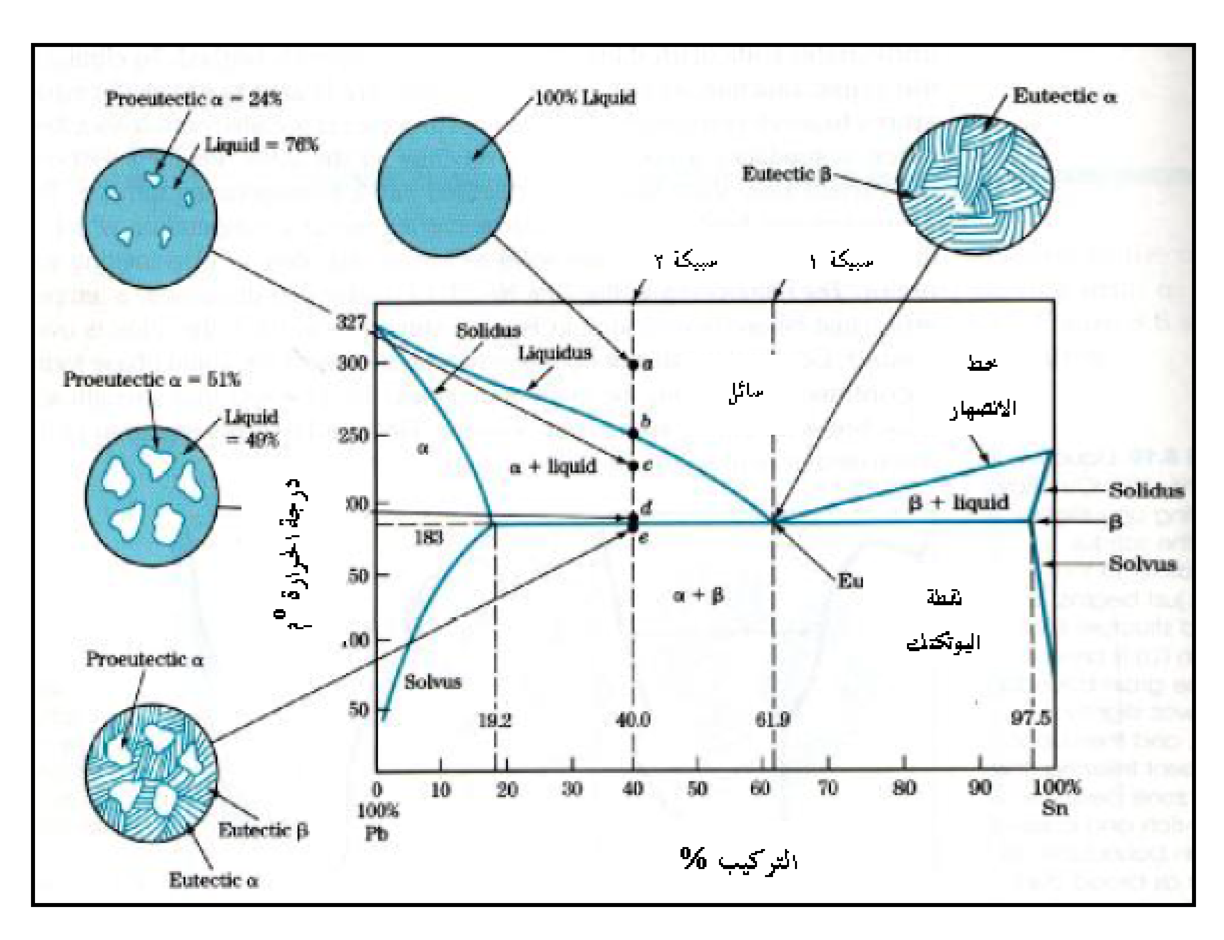
٣) التركيب فوق اليوتكتويدي:

ينتج عندما تكون نسبة الكربون أعلى من ٠,٨٣٪ ويبدأ من طور الاستونيت ثم بالتبريد يتكون السمنتيت ،ويزداد تدريجياً حتى تصبح درجة الحرارة أقل من ٧٢٣ْم،ويتكون السمنتيت والبرليت ،ونلاحظ أيضاً زيادة أغلفة السمنتيت.



الشكل رقم (٢- ١١)التركيب فوق اليوتكتويدي

رسم منحنى التحولات الطورية المتزنة لسبيكة الرصاص والقصدير



الشكل رقم (٢- ١٢) مخطط الاتزان الحراري لسبيكة رصاص- قصدير

الشكل (٢- ١٢) يوضح مخطط الاتزان الحراري لسبيكة (رصاص- قصدير) الذي يتكون من :

١. ستة مناطق بها ثلاثة أطوار هي: a ،و B ،والسائل (Liquid).
٢. درجة انصهار الرصاص (٣٢٧ْم) ،و القصدير (٢٣٢ْم).

1- W_α=19.2 % Sn , W_β=97.5 % Sn

$$X_\alpha = \frac{W_\beta - W_O}{W_\beta - W_\alpha}\times 100 = \frac{97.5-61.9}{97.5-19.2}\times 100 = 45.5\%$$

$$X_\beta = \frac{W_O - W_\alpha}{W_\beta - W_\alpha}\times 100 = \frac{61.9-19.2}{97.5-19.2}\times 100 = 54.5\%$$

Or $X_\beta = 100 - X_\alpha = 100 - 45.5 = 54.5\ \%$

٣. نقطة يوتكتـ

٤. طور المحلول

2- W_α=15% Sn , W_L=48% Sn

$$X_\alpha = \frac{W_L - W_O}{W_L - W_\alpha}\times 100 = \frac{48-40}{48-15}\times 100 = 24\%$$

$$X_L = 100 - X_\alpha = 100 - 24 = 76\%$$

التطبيق العمل

قم بتحليل الأ

(٢- ١٢) عن

كل رقم

3- W_α=19.2 % Sn , W_L=61.9% Sn

$$X_\alpha = \frac{W_L - W_O}{W_L - W_\alpha}\times 100 = \frac{61.9-40}{61.9-19.2}\times 100 = 51\%$$

$$X_L = 100 - X_\alpha = 100 - 51 = 49\%$$

١. عند ا

٢. النقط

٣. النقط

٤. النقط

الحل:

(تطبيق قاعد

4-W_α=19.2 % Sn , W_β=97.5 % Sn

1- W_α=19.2 % Sn , W_β=97.5 % Sn

$$X_\alpha = \frac{W_\beta - W_O}{W_\beta - W_\alpha}\times 100 = \frac{97.5-61.9}{97.5-19.2}\times 100 = 45.5\%$$

$$X_\beta = \frac{W_O - W_\alpha}{W_\beta - W_\alpha}\times 100 = \frac{61.9-19.2}{97.5-19.2}\times 100 = 54.5\%$$

Or $X_\beta = 100 - X_\alpha = 100 - 45.5 = 54.5\ \%$

2- W_α=15% Sn , W_L=48% Sn

$$X_\alpha = \frac{W_L - W_O}{W_L - W_\alpha}\times 100 = \frac{48-40}{48-15}\times 100 = 24\%$$

$$X_L = 100 - X_\alpha = 100 - 24 = 76\%$$

3- W_α=19.2 % Sn , W_L=61.9% Sn

$$X_\alpha = \frac{W_L - W_O}{W_L - W_\alpha}\times 100 = \frac{61.9-40}{61.9-19.2}\times 100 = 51\%$$

$$X_L = 100 - X_\alpha = 100 - 51 = 49\%$$

رسم منحنى التجمد لمعدن نقي (رصاص ،قصدير،ألمنيوم)

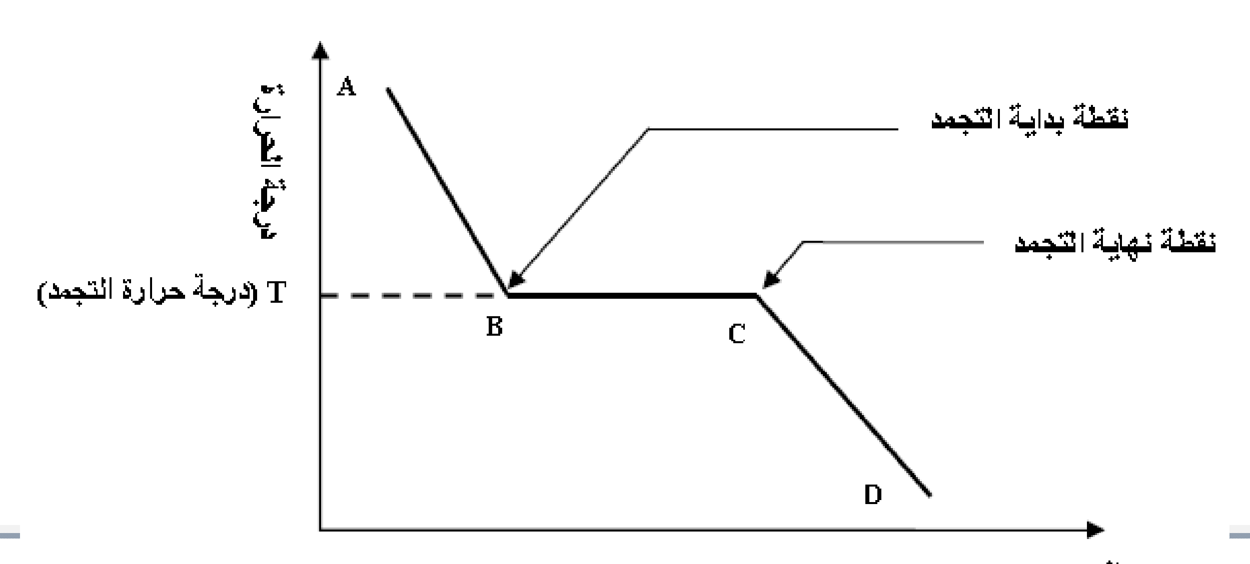
الغرض من الاختبار:

إنشاء رسم بياني يوضح العلاقة بين درجات الحرارة من جهة والزمن من جهة أخرى لكمية من معدن نقي يتم صهرها ،ومن ثم متابعة عملية التجمد ،والذي يمكننا من معرفة التغيرات التي تطرأ أثناء عملية التجمد ،واستنتاج خصائص انصهار وتجمد المعدن المراد دراسته. الشكل (٢- ١٣).يعطينا المنحنى العام لسلوك التبريد لمعدن نقي ،حيث يمكننا ملاحظة مايلى :

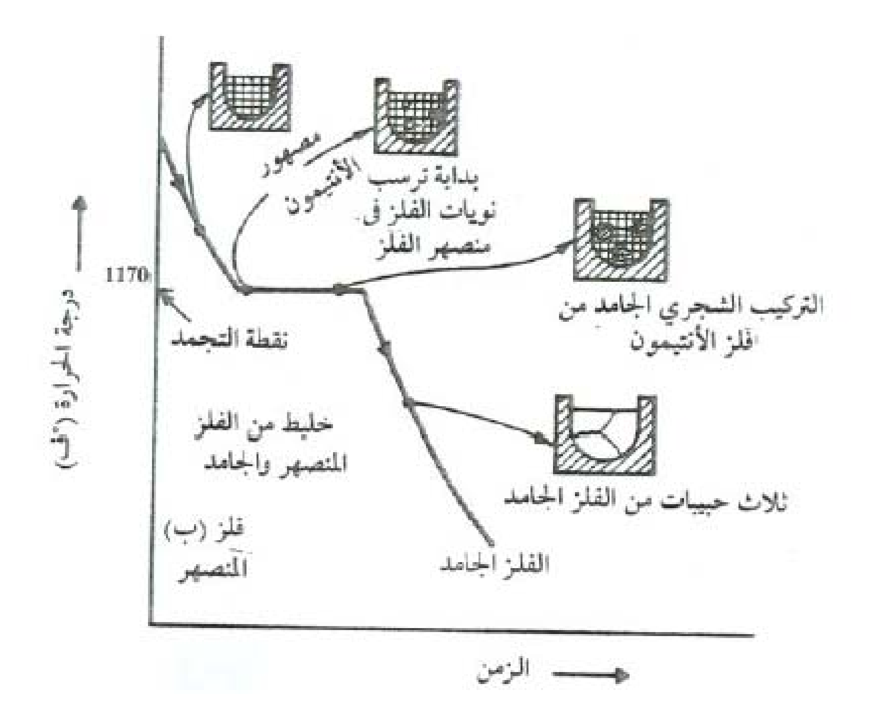
أ. من النقطة A إلى النقطة B انخفاض لدرجة الحرارة مع مرور الزمن وحالة المعدن سائل.

ب. عند النقطة B يبدأ المعدن في التجمد ،ودرجة حرارته عند هذه النقطة تسمى درجة حرارة التجمد (T) وهي كما نلاحظ ثابتة ويستغرق زمن التجمد من النقطة B إلى النقطة C وفي هذه المرحلة تتكون بلورات الحالة الجامدة.

ت. من النقطة C إلى النقطة D انخفاض تدريجي لدرجة حرارة المعدن وهو في حالة جامدة.



كمثال عملي ،يوضح الشكل (٢- ١٤).منحنى التبريد لعنصر الأنتمون (sb) درجة حرارة تجمده تساوي ٦٢١°م ،ويبين الشكل مختلف المراحل التي تمر بها عملية التجمد.



الشكل (٢- ١٤) منحنى التبريد لعنصر الأنتمون

معدات الاختبار:

١) **تنور الصهر (الفرن):**

أ. الأفران الكهربائية المتوفرة بالمعمل والتي يجب أن تزيد درجة حرارتها القصوى عن درجة حرارة انصهار المعدن الذي تجري عليه التجربة.

ب. فرن الغاز الذي يعمل بغاز البروبان عن طريق خلطه مع الأكسجين المضغوط بمولدات تيارات هوائية.

٢) بوتقة: هي عبارة عن إناء توضع فيه كمية من المعدن المراد صهره،وهي في العادة مصنوعة من مادة تتحمل درجات حرارة عالية جداً.

٣) جهاز قياس درجات الحرارة (الترمومتر) وهو عبارة عن جهاز مزود بشاشة إلكترونية وفي نهايته محبس حراري لقياس درجة الحرارة أثناء عملية التبريد.

٤) جهاز قياس الزمن : وهو عبارة عن ساعة وقف لحساب الوقت بالثانية.

٥) ملقط ،قفازات،نظارات.

عينات الاختبار:

كمية من معدن نقي ،معدن الرصاص ودرجة حرارة انصهاره ٣٢٧°م.

خطوات عمل التجربة:

١. وضع عينة الاختبار (كمية من الرصاص) داخل بوتقة الصهر ،تضبط بعدها درجة حرارة الفرن بحيث تكون أعلى من درجة حرارة انصهار المعدن ٥٠°م حتى نضمن الانصهار التام لعينة الاختبار.
٢. تشغيل الفرن.
٣. ننتظر فترة زمنية بعد وصول درجة حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبه حتى نتأكد من انصهار المعدن بشكل تام،ونتأكد من إزالة الخبث إن وجد.
٤. نخرج البوتقة من الفرن بعد انصهار العينة ويوضع المجس الحراري داخل البوتقة مع التأكد من انغماسه ثم نقيس درجة الحرارة كل فترة زمنية ولتكن كل ١٥ثانية.
٥. بالموازات مع عملية القياس تدون في الجدول التالي (٢- ١٥).

الزمن (الثانية)	درجة الحرارة (^{0}C)
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
.	
.	
.	

الشكل (٢- ١٥) نتائج تجربة تبريد معدن الرصاص

٦. بعد الانتهاء من التجربة وعلى ورق رسم بياني وباستعمال مقياس رسم مناسب يوضع كل زوج من النتائج المدونة في الجدول (٢- ١٥) (درجة الحرارة والزمن) على المحورين ويتم إيصال نقاط التجربة نحصل في النهاية على منحنى التبريد ومنه يمكننا استنتاج عملياً درجة حرارة تجمد المعدن.

ملحوظة هامة:

قبل إخراج البوتقة من الفرن لابد من تسخين المجس الحراري حتى نضمن عدم تجمد المعدن حوله عند غمسه في البوتقة مع ملاحظة الزمن الذي يستغرقه المجس في القراءة حتى يصل إلى الدرجة المطلوبه.

رسم منحنى التبريد لسبيكة ثنائية

الغرض من الاختبار:

هو إنشاء رسم بياني يوضح العلاقة بين التغير في درجات الحرارة من جهة والزمن من جهة اخرى لعينة مكونه من سبيكة معدنية يتم صهرها ومن ثم متابعة عملية التجمد (التبريد) والذي يمكننا من معرفة التغيرات التي تطرأ أثناء عملية التجمد ،واستنتاج خصائص انصهار وتجمد السبيكة ،وما إذا كانت تختلف عن تجربة منحنيات التبريد للمعادن النقية.

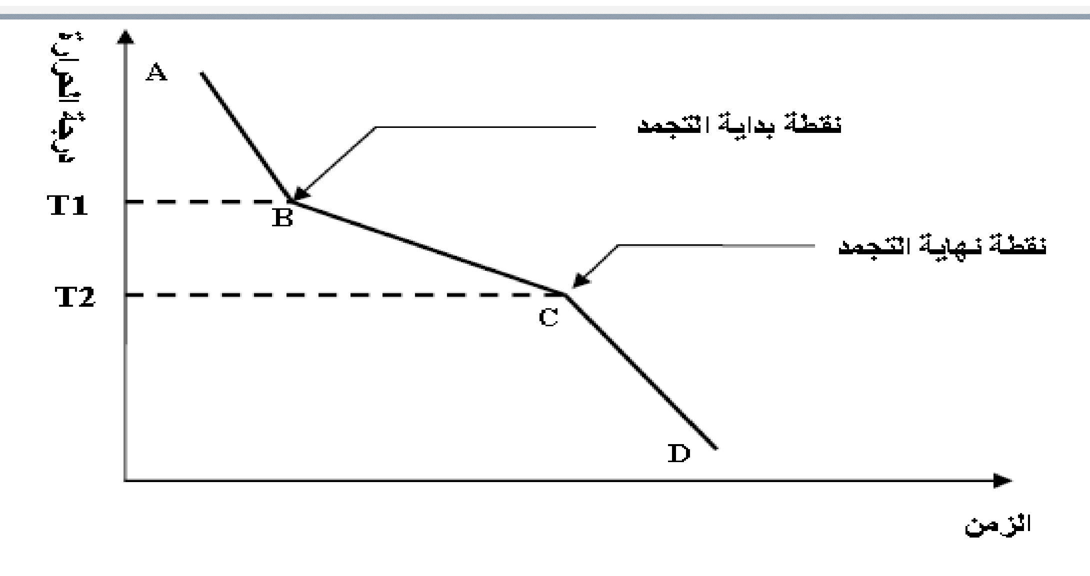
الشكل (٢- ١٦) يعطينا المنحنى العام لسلوك التبريد لسبيكة مكونة من معدنين ممزوجين ببعضهما البعض سخنا حتى الانصهار التام عند النقطة A بعد إبعاد المصدر الحراري وبداية التبريد.

يمكننا ملاحظة الاتي :

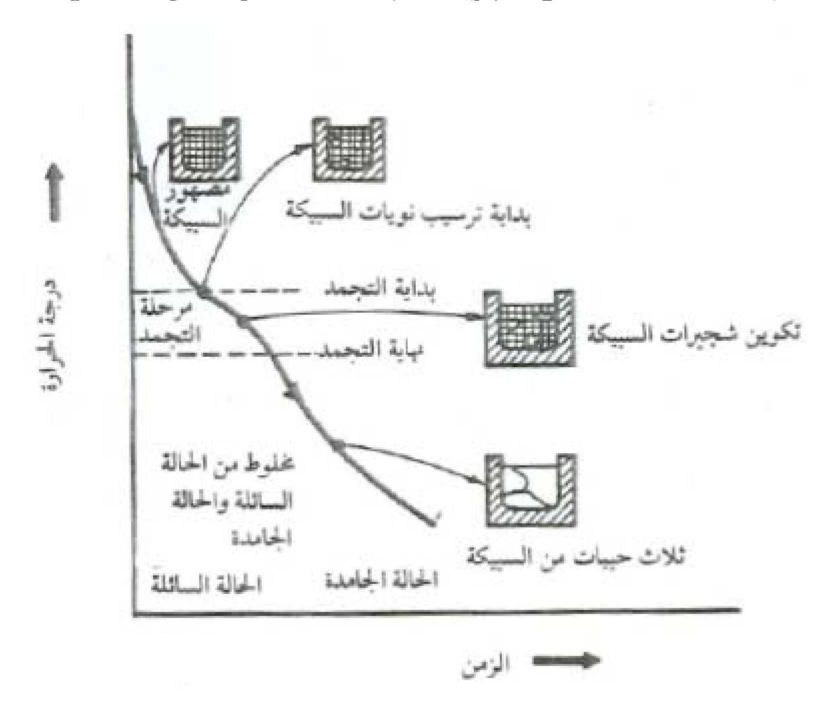
أ. من النقطة A إلى النقطة B : انخفاض تدريجي لدرجة الحرارة مع مرور الزمن وحالة السبيكة عبارة عن سائل.

ب. عند النقطة B حيث درجة الحرارة T1 تبدأ السبيكة في التجمد ودرجة الحرارة عند هذه النقطة تسمى: درجة حرارة بداية التجمد ،وتستمر عملية التجمد لتنتهي عند النقطة C أي: عند درجة الحرارة T2 ،وتسمى درجة حرارة السبيكة عند هذه النقطة بدرجة نهاية التجمد.وعندها تكون عملية التجمد قد اكتملت نهائياً.

ت. من النقطة C إلى النقطة D : انخفاض تدريجي لدرجة حرارة السبيكة وهي في الحالة الجامدة ،كمثال عملي يوضح الشكل () منحنى التبريد لسبيكة مكونة من عنصر الأنتمون (sb) ،وعنصر البزموث (Bi).تحتوي السبيكة على ٥٠٪ من كل عنصر وتقدر حرارة بداية التجمد لهذه السبيكة بنحو ٥٠٠ْم وهي أقل من درجة حرارة تجمد فلز الأنتمون ٦٢١ْم وأكبر من درجة حرارة تجمد فلز البزموث ٢٧١ْم.



الشكل (٢- ١٦) منحنى التبريد لسبيكة مكونه من معدنيين



الشكل (٢- ١٧) منحنى التبريد لسبيكة : ٥٠٪انتمون-

معدات الاختبار:

هي نفس معدات اختبار التجربة السابقة مع توفير ميزان لأخذ نسب كل معدن المكون للسبيكة.

عينات الاختبار:

نقترح إنشاء منحنى تبريد لسبيكة مكونه من معدن الرصاص ومعدن القصدير بنسب معينه لكل منهما.

- كمية معدن الرصاص ٥٠٪ من الكمية الكلية للسبيكة.
- كمية معدن القصدير ٥٠٪ من الكمية الكلية للسبيكة.

خطوات عمل التجربة:

تتمثل في المراحل التالية:

١. وضع كل من كمية الرصاص وكمية القصدير في بوتقة الصهر وتضبط درجة حرارة الفرن عند ٣٨٠°م حتى نضمن الانصهار التام للسبيكة (درجة حرارة انصهار القصدير ٢٣٢°م).
٢. تشغيل الفرن.
٣. ننتظر فترة زمنية بعد وصول درجة حرارة الفرن إلى الدرجة المطلوبه حتى نتأكد من انصهار المعدن بشكل تام، ونتأكد من إزالة الخبث إن وجد.
٤. نخرج البوتقة من الفرن بعد انصهار العينة ويوضع المجس الحراري داخل البوتقة مع التأكد من انغماسه ثم نقيس درجة الحرارة كل فترة زمنية ولتكن كل ١٥ثانية.
٥. بالموازات مع عملية القياس تدون في الجدول التالي.

الزمن (الثانية)	درجة الحرارة (^0C)
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
.	
.	
.	

٦. بعد الانتهاء من التجربة وعلى ورق رسم بياني وباستعمال مقياس رسم مناسب يوضع كل زوج من النتائج المدونة في الجدول (درجة الحرارة والزمن) على المحورين ويتم إيصال نقاط التجربة نحصل في النهاية على منحنى التبريد ومنه يمكننا استنتاج عملياً درجة حرارة تجمد المعدن.

ملحوظات هامة:

أ. لرسم منحنى التبريد لنسب مئوية اخرى لكل من الرصاص والقصدير نكرر نفس خطوات العمل السابقة الذكر.
ب. يجب الإشارة إلى أن طريقة رسم منحنى التبريد لسبيكة الرصاص والقصدير تبقى صالحة تماماً لأي سبيكة مكونة من معادن أخرى.

ت. إن مجموعة نتائج منحنيات التبريد لتركيبات مختلفة للسبيكة تمكننا من رسم مخطط الاتزان الحراري.

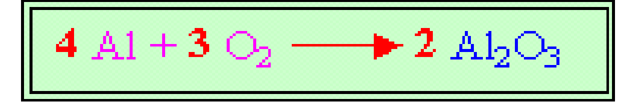
أكسدة الألمنيوم في الهواء

يؤدي تفاعل الألمونيوم مع ثنائي الأوكسجين إلى تكون طبقة أوكسيد الألمنيوم تسمى : الألومين.

الألومين: طبقة سطحية رقيقة تتكون على الألمنيوم غير منفذة للهواء تحمي فلز الألومنيوم من الأكسدة المعمقة

أكسدة الألمنيوم في الهواء:

- يؤثر الهواء على الألمنيوم مكونآ طبقة تسمى: أوكسيد الألمنيوم (أو الألومين) ذي الصيغة Al_2O_3.
- أوكسيد الألمنيوم طبقة سطحية رقيقة تتكون على الألمنيوم وهي غير مسامية لذا فهي تحمي فلز الألومنيوم من الأكسدة المعمقة.
- تعتبر أكسدة الألومنيوم في الهواء تفاعلا كيميائيا بطيئا نعبر عنه بالمعادلة التالية:



$$4\,Al + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,Al_2O_3$$

✓ **ملحوظة:**

- بما أن أكسدة الألمنيوم لا تتم إلا على السطح وتعتبر وقائية فهو يستعمل بكثرة في التلفيف.

وكمثال على هذه التفاعلات، التفاعل بين الحديد ،وكبريتات الألمنيوم:

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

حيث أن التفاعل الأيوني هو:

$$Fe + Cu^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} + Cu$$

حيث إن الحديد يتأكسد (عدد أكسدة الحديد ازداد من ٠ إلى +٢

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$$

والنحاس يختزل (عدد أكسدة النحاس تناقص من +٢ إلى ٠:

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu$$

المعالجات الحرارية للصلب الكربوني (تصليد، تطبيع، معادلة، تخمير)

المعالجة الحرارية Heat Treatment

هي تسخين المعدن إلى درجة حرارة معينة ثم الاحتفاظ به عند تلك الدرجة لفترة من الزمن ثم التبريد بمعدل محدد.

تجري عمليات المعالجة الحرارية لتغيير خواص المعدن ومنها :

١) زيادة الصلادة

٢) زيادة المطيلية والمتانة.

٣) زيادة قابلية المعدن لعمليات التشغيل والتشكيل.

٤) إزالة الإجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات التشكيل على البارد.

والمخطط التالي يوضح أنواع المعالجات الحرارية التي من خلالها تتغير الخواص الميكانيكية للفولاذ اليوتكتويدي.

الاستونيت (γ)
Austenite

تبريد مفاجئ — تصليد Hardening

التطبيع Tempering

تبريد بالفرن — تخمير Annealing

تبريد بالهواء — معادلة Normalizing

الشكل (٢- ١٨)

Acm

المعادلة

التصليد و التخمير الكامل

A3
النقطة الحرجة العليا

A1
النقطة الحرجة السفلى

التركيب تحت اليوتكتويدي ← | → التركيب فوق اليوتكتويدي

درجة الحرارة: 600 — 700 — 800 — 900

النسبة المئوية للكربون: 0 — 0.20 — 0.40 — 0.60 — 0.80 — 1.00 — 1.20 — 1.40 — 1.60

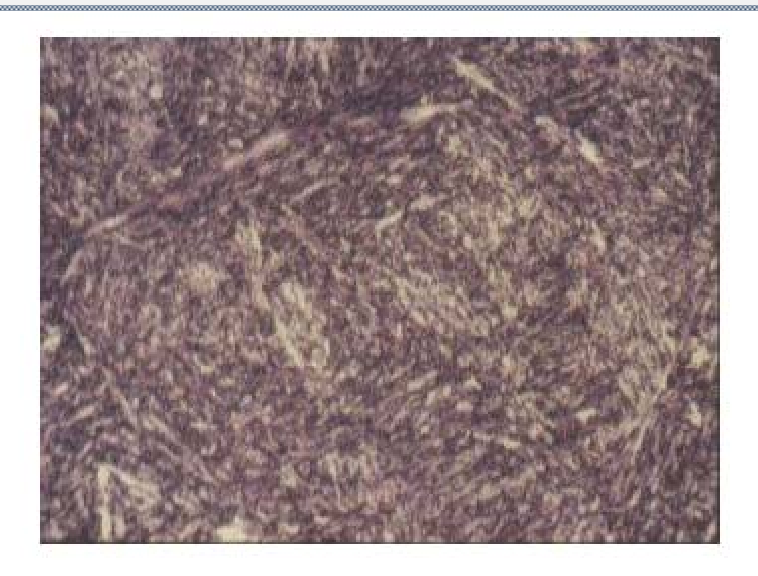
الشكل (٢- ١٩) درجات الحرارة الهامة للمعالجات الحرارية للصلب

من الشكل (٢- ١٩) نستنتج :أنه في حالة التركيب تحت اليوتكتويدي يتم تسخين الصلب إلى درجة حرارة فوق النقطة الحرجة العليا (A3) لجميع المعالجات الحرارية (تصليد تخمير، معادلة) ،أما التركيب تحت اليوتكتويدي ،فيكون التسخين فوق النقطة الحرجة (Acm) بالنسبة لعملية المعادلة ،أما التصليد والتخمير فيكتفى بالتسخين فوق النقطة الحرجة السفلى (A1).

ويمكن تلخيص ماينتج عن هذه العمليات في الجدول التالي :

نوع المعالجة	طريقة التبريد	البنية البلورية	الاستعمالات
تصليد	سريع ومفاجئ باستخدام الماء أو الزيت	مارتنسيت (طور واحد قصف وصلد جدا) شكل (١١-٣)	رفع الصلادة
تطبيع	تسخين من ٢٠٠-٧٠٠ م ثم تبريد بطئ ونستخدم بعد التصليد	فريت و سمنتيت و مارتنسيت	خفض القصافة رفع اللدونة
تخمير تام	بطئ داخل الفرن	حسب نسبة الكربون برليت+فريت برليت+سمنتيت	خفض الصلادة رفع المطيلية إزالة الاجهادات
تخمير تحت الحرج	تسخين تحت A_1 ثم التبريد داخل الفرن	لا تتغير	إزالة الاجهادات الداخلية
معادلة	الهواء	باينيت (عبارة عن فريت به سمنتيت على شكل إبري) أو برليت دقيق ومارتنسيت	إزالة تأثير التشكيل على البارد تنظيم شكل الحبيبات

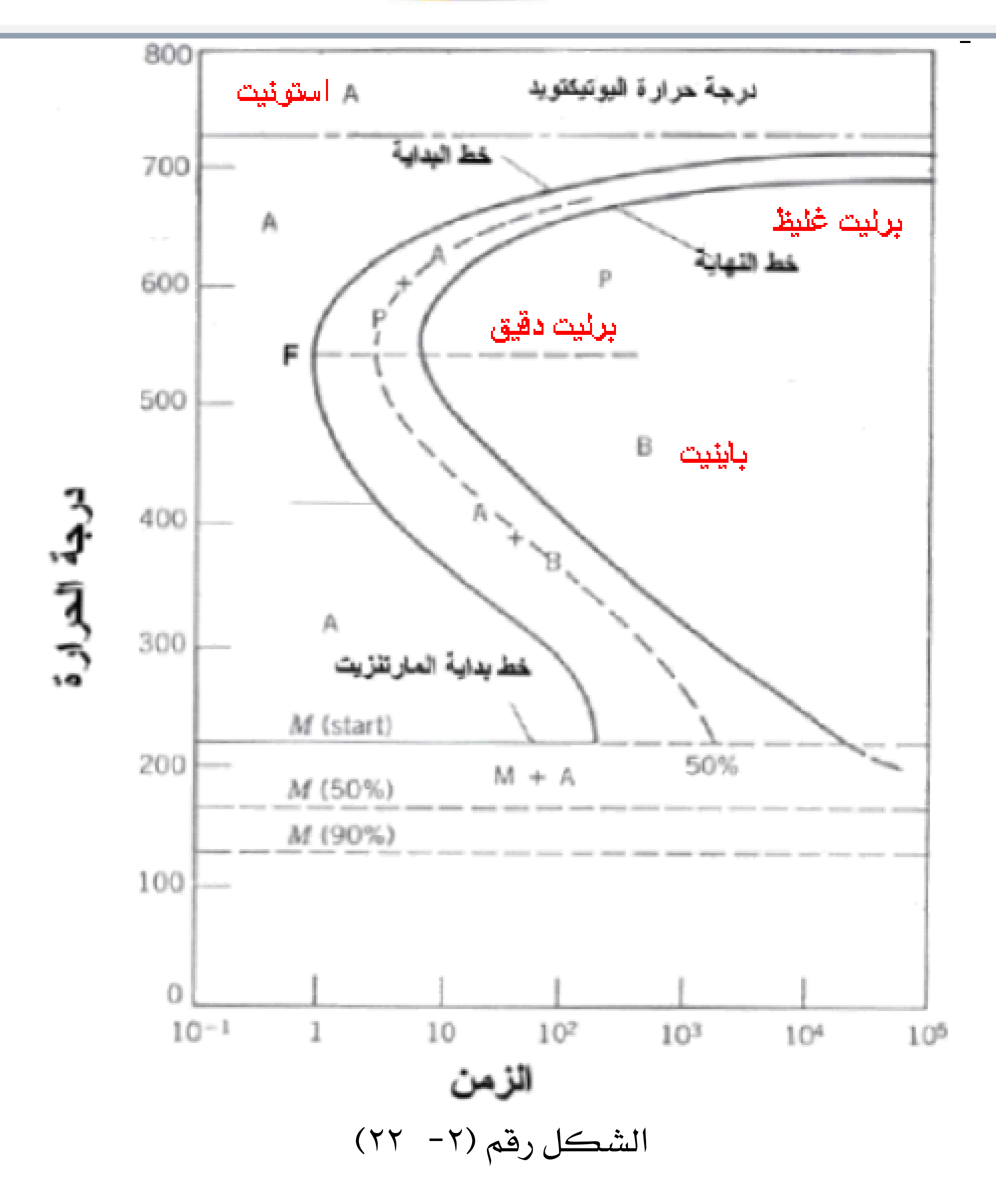
الشكل (٢- ٢٠)



الشكل رقم (٢- ٢١) صورة مجهرية للمارتنسيت

والان بعد التعرف على عمليات التبريد المختلفة للصلب ومابينتج عنها من أطوار وخواص ميكانيكية مختلفة يمكن أن نسأل : هل يمكننا التحكم في الخواص الميكانيكية للصلب ؟ أو بمعنى آخر هل نستطيع الوصول إلى خواص معينة ومحدده باستخدام المعالجات الحرارية ؟

الجواب : نعم وذلك باستخدام مسارات تبريد محددةعلى مخطط التحول بالوقت ودرجة الحرارة ،ويطلق عليه في كثير من الأحيان مخطط TTT. كما في الشكل (٢- ٢٢).



الشكل رقم (٢- ٢٢)

هذا المخطط يوضح تغير الأطوار مع الوقت ودرجة الحرارة ويمكن ملاحظة التالي:

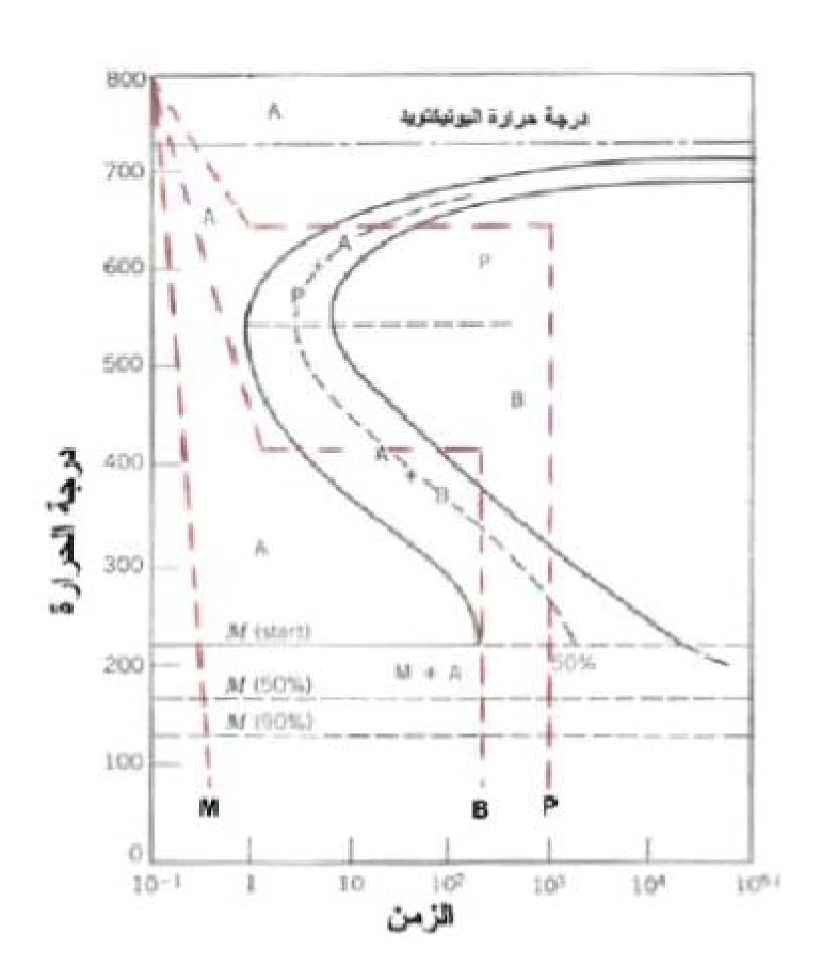
١. عند درجة حرارة أعلى من اليوتكتويد يوجد طور واحد مستقر هو الاستونيت.

٢. يبدأ الاستونيت في التحول مع الزمن وانخفاض درجة الحرارة(خط بداية التحول)وحينها يكون الاستونيت غير مستقر وينتهي التحول بتجاوز خط نهاية التحول.

٣. عند درجات الحرارة العليا يكون التحول إلى برليت p وهو على نوعين: إما برليت غليظ (coarse peaerlite)، أو برليت دقيق (Fine peaerlite)، وكلما أصبح البرليت دقيقاً زادت الصلادة وقلت اللدونة.

٤. يكون التغير إلى باينيت (Bainite) Bعند درجات حرارة أقل من درجة حرارة الأنف والتي تفصل بين البرليت ، والباينيت.

٥. إذا كان التبريد سريعاً نحصل على طور المارتنسيت (Martensite) Mوهو صلد وقصفاً جداً.



الشكل رقم (٢- ٢٣) مسارات التبريد للحصول على البرليت ،والباينيت ، والمارتنسيت

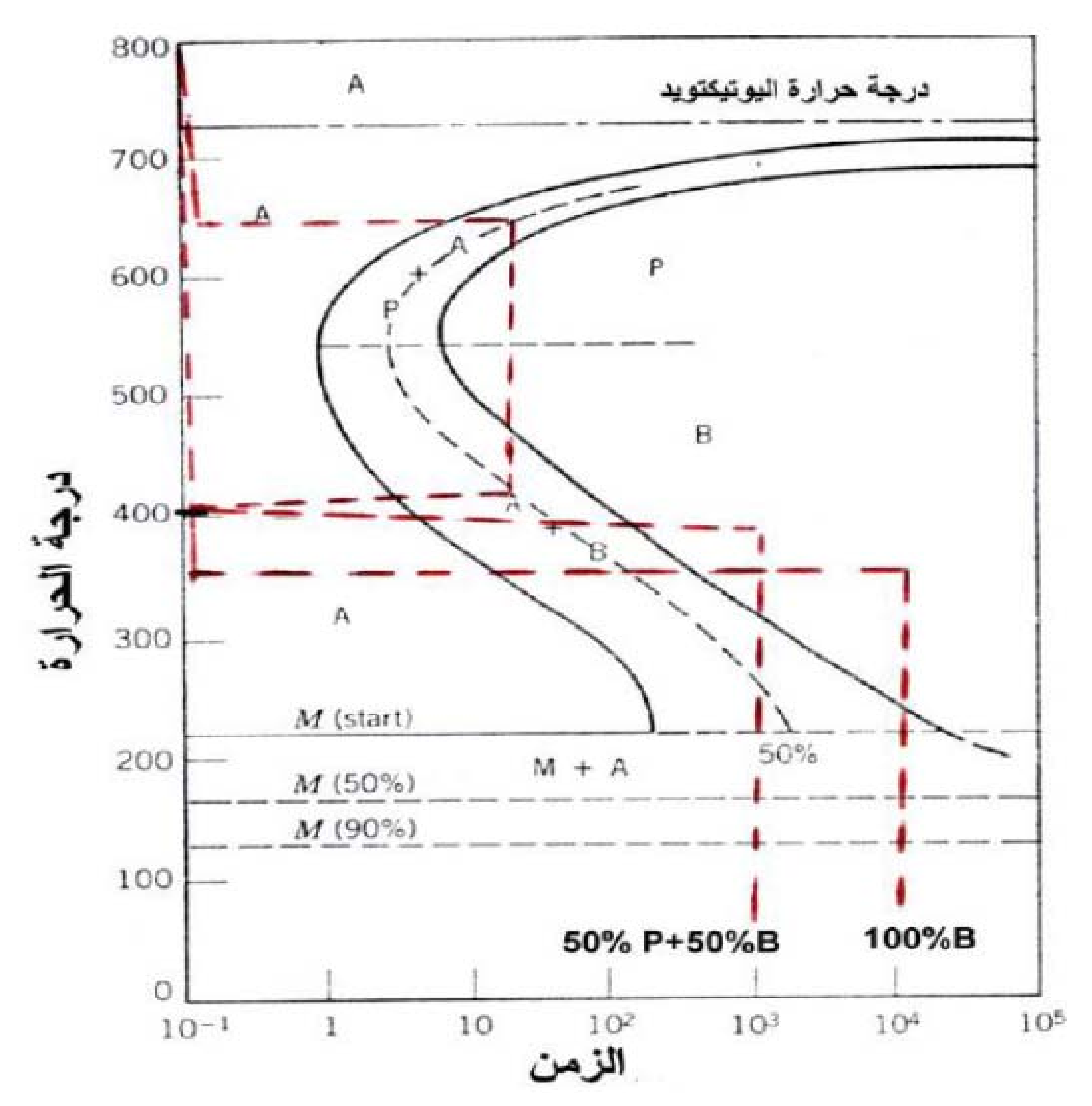
التطبيق الأول:

صلب ذو تركيب يوتكتويدي تم تبريده من طور الاستونيت عند ٨٠٠ْم ،أوجد التركيب النهائي له إذا كان مسار التبريد كالاتي:

١. تبريد فجائي إلى درجة حرارة ٣٥٠ْم والثابت ١٠ ثانية ، ثم تبريد فجائي لدرجة حرارة الغرفة.

٢. تبريد فجائي لدرجة حرارة ٦٥٠ْم والثابت ٢٠ ثانية، ثم التبريد الفجائي لدرجة حرارة ٤٠٠ ْم والثابت ١٠ ثانية ،ثم التبريد الفجائي لدرجة حرارة الغرفة.

الحل:



الشكل رقم (٢- ٢٤) مسارات التبريد للتطبيق الأول

شكل (٢- ٢٤) يوضح مسارات التبريد ونستنتج منها:

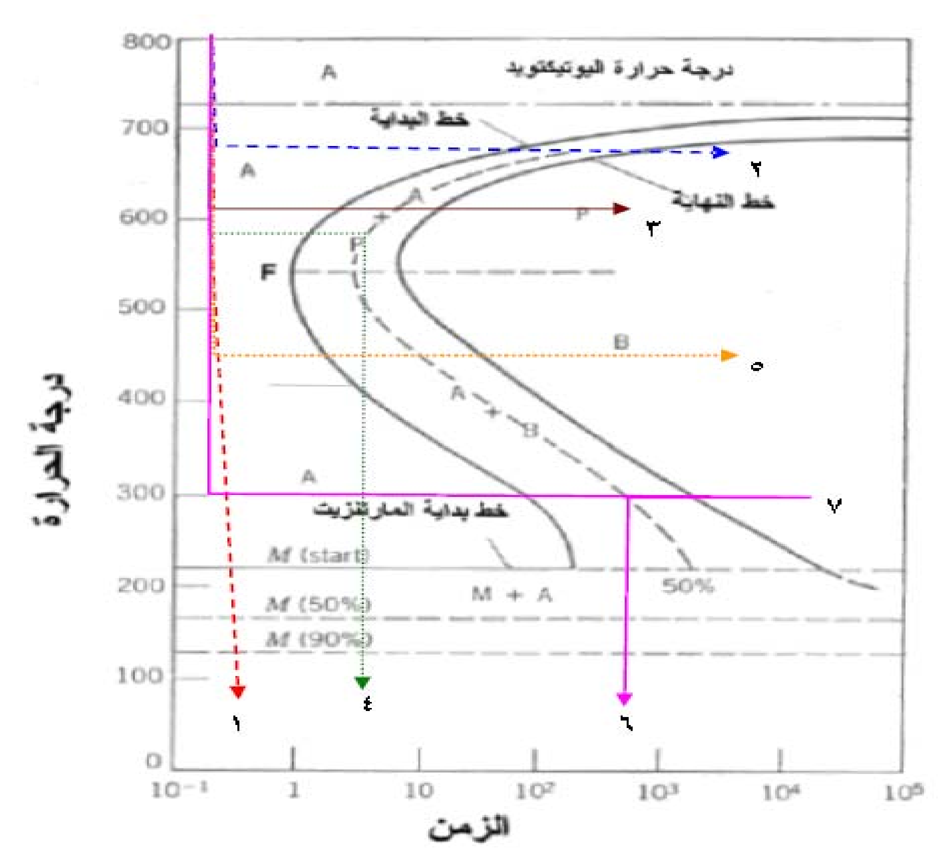
- يتحول الاستونيت إلى ١٠٠٪ باينيت.
- يتحول الاستونيت إلى ٥٠٪ باينيت ، و ٥٠٪ برليت.

التطبيق الثاني:

عينات من صلب ذو تركيب يوتكتويدي تم تسخينها إلى طور الاستونيت ٨٥٠°م لمدة ساعة ثم كان التبريد وفق مسارات محددة كما هو موضح أسفل ،أوجد التركيب النهائي لكل عينة مستخدماً مخطط TTT ؟

١. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة الغرفة؟
٢. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٦٥٠°م والثبات ساعتين ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟
٣. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٦١٠°م والثبات ٣ دقائق ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟
٤. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٥٨٠°م والثبات ثانيتين ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟
٥. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٤٥٠°م والثبات ساعة ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟
٦. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٣٠٠°م والثبات ٧ دقائق ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟
٧. تبريد مفاجئ لدرجة حرارة ٣٠٠°م والثبات ٥ ساعات ثم التبريد المفاجئ لحرارة الغرفة؟

الحل:



الشكل (٢- ٢٥) مسارات التبريد للتطبيق الثاني

١- مارتنسيت.٢- برليت غليظ.٣- برليت دقيق.٤- ٥٠٪برليت و٥٠٪مارتنسيت.٥- باينيت.

٦- ٥٠٪باينيت و٥٠٪مارتنسيت.٧- باينيت.

التآكل: CORROSION

إن تآكل المعادن هو: تخريب سطح المعدن بفعل العوامل الكيميائية والفيزيائية الموجودة في الوسط. وتواجه الصناعة حالات كثيرة تحدث فيها عمليات أكسدة وإرجاع على سطح المعدن في وقت واحد مما يسبب تآكلاً في سطح المعدن. فإذا غمست على سبيل المثال قطعة من التوتياء في حمض كلور الماء أو حمض الكبريت الممدد فإن المعدن يبدأ بالتآكل منتجاً الملح ويحدثُ على سطحه إرجاع الهيدروجين.

كذلك فإن المعادن والخلائط المعدنية تكون غير مستقرة من الناحية الترموديناميكية حيث يرافق تحول المعدن إلى حالة التشرد انخفاض في القدرة الحرة في الأجواء الطبيعية فتحدث عملية التآكل طبيعياً من دون تأثيرات خارجية. تحدث عملية التآكل الكهربائي - الكيميائي نتيجة تماس سطح المعدن للمحلول الإلكتروليتي electrolytic، أي المحلول القابل للتحليل كهربائياً،يرافقه مرور تيار تآكلي كهربائي من منطقة المصعد (القطب الموجب) إلى منطقة المهبط (القطب السالب) ويقوم المحلول الإلكتروليتي بدور وسط التفاعل التآكلي،ويظهر في هذه الجملة فرق كمون بين المناطق السالبة القطبية والمناطق الموجبة القطبية.

يجب أن توضع بالحسبان عوامل كثيرة تساعد على حدوث التآكل الكيميائي إضافة إلى تأثير البيئة المحيطة بالمعدن،ويلاحظ أن لسوء التصميم تأثيراً في كثير من الحالات التي يحدث فيها التآكل،ومن ذلك مثلاً: وصل معدنين ، أو خليطتين مختلفتي التركيب بوساطة براغي أو برشامات في بيئة ملائمة. وكذلك لجودة السطح المعدني ونوعيته تأثير مباشر في حدوث التآكل،فالسطح الأملس الناعم أقل تعرضاً للتآكل من السطح الخشن الذي يعد وسطاً لتراكم الغبار والأوساخ التي تمتص الرطوبة وتساعد في عملية التآكل.

الأضرار التي يسببها الفشل السطحي بسبب التآكل عديدة وجميعها ذات مردود اقتصادي سيء ،ومن هذه الأضرار:

١) تغير الأبعاد وفقدان الخواص الميكانيكية :

يؤدي التآكل إلى فقدان الوزن بسبب انحلال المعدن وبالتالي إلى تغير أبعاده ، لذلك تعطى في الغالب بعض السماح للتآكل) Corrosion Allowance عند وجوده وعند التصميم وتكون هذه المساحات أكبر سمكاً في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل عالية منها في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل منخفضة . ولتغير أبعاد القطعة المعدنية بسبب التآكل تأثير في الخواص الميكانيكية ، حيث تقل قابليتها لتحمل الأحمال الخارجية ، أي تزداد قابليتها للتشويه اللدن (Plastic Deformation) والتشويه المرن Elastic Deformation.

إن استخدام المعدن في أوساط مساعدة على التآكل يودي إلى انخفاض قيم العديد من الخواص الميكانيكية وخصوصاً مقاومة المعدن للكلال (Fatigue Strength) ونشوء التشققات (Cracks) التي تؤدي إلى حصول الكسر الهش السريع (Fast Fracture)

٢) المظهر :

يتأثر مظهر المعدن بدرجة كبيرة عند إصابته بالتآكل حيث يظهر المعدن دائماً بمظهر سيئ . لذا يجب استخدام معادن مقاومة للتآكل الجوي مثل: الألمنيوم ،أو الفولاذ المقاوم للصدأ بدلآ من الفولاذ الكربوني ، كمواد بناْء ظاهرية مثل: مقاطع الشبابيك ،ومواد وخصوصاً في واجهات الأبنية الخارجية ويعزى المظهر الحسن لهذه المواد إلى مقاومتها للتآكل الجوي.

أما المعدن ذات المقاومة الضعيفة للتآكل فإنها تطلى بأنواع الطلاء المختلفة لتحسين مظهرها من خلال الحد من تآكلها.

٣) الأضرار الاقتصادية بسبب الإجراءات الوقائية :

إن الأضرار الاقتصادية الناتجة عن التآكل عديدة ومهمة ،حيث يسبب هذا الفشل في كثير من الأحيان توقف المصانع عن العمل توقف غير مبرمج ،وما يوافق ذلك من كلف اقتصادية إضافية غير متوقعة . كذلك فإن حصول التآكل يؤدي إلى ارتفاع كلف الصيانة الدورية حيث يتطلب في كثير من الحالات تبديل الجزء المعدني التالف بجزء جديد آخر .وبهذا الخصوص يكون بالإمكان أحياناً توفير بعض المبالغ عند اختيار مادة معدنية ذات مقاومة تآكل أعلى لتصنيع هذا الجزء التالف. وتتوفر العديد من الأمثلة التي تشير إلى أن اختيار مادة عالية التكاليف نسبياً ،ولكنها ذات مقاومة جيدة للتآكل من الناحية الاقتصادية أفضل من استخدام مادة معينة أرخص ثمناً ولأنها تتعرض للتلف السريع بسبب التآكل ،مما يتطلب

عندئذ تغييره بصورة دورية وفي كلتا الحالتين يلاحظ بأن التآكل يسبب أضراراً اقتصادية بسبب زيادة التكاليف .كما أن الإجراءات الوقائية للحد من التآكل تدخل ضمن كلف التشغيل والصيانة.

إن التآكل يؤدي أحياناً إلى حدوث فشل غير متوقع في الأجزاء المعدنية في المصنع ،وهنا تكمن أساساً خطورة مشكلة التآكل ،حيث إن حوادث الفشل بصورة مفاجئة قد تؤدي إلى حصول أضرار كبيرة أكبر من تلك التي يسببها التآكل المتوقع حصوله ،وفي هذا المضمار يجب الوقوف بدقة على معدلات التآكل في الأجزاء المعدنية أثناء سير عملية التصنيع ،وذلك عن طريق القياسات المستمرة والدورية لمعدلات التآكل، والفحص المستمر للقطع المعدنية لاتخاذ الإجراءات الوقائية قبل وصول درجة التآكل إلى الحد الذي يسبب توقف المصنع عن العمل ،أو التأثير في سير العملية التصنيعية.

٤) تلوث المنتجات:

إن نواتج التآكل تؤدي إلى تغيير الطبيعة الكيميائية للوسط ،أي: تلوث وفي الغالب يكون ذلك غير مرغوب فيه حيث إن المتطلبات التجارية هي الحصول على منتج نقي ذي مواصفات محددة وخالي من التلوث .والأمثلة على ذلك عديدة منها: تلوث المنتجات الغذائية المعلبة بسبب حصول درجة بسيطة في التآكل في العلبة التي تحفظ فيها تلك المادة الغذائية،وعلى ضوء ذلك فإن عمر القطعة المعدنية ،أو الجهاز ليس هو العامل الأساسي في تحديد فترة الفشل ،فمثلا من الممكن في بعض الأحوال أن نستخدم لغرض ما الفولاذ الاعتيادي ولفترة زمنية طويلة بدون وصول التآكل إلى درجة كبيرة ،ومع ذلك نجد أن استخدام مواد أعلى كلفة مثل: الفولاذ المقاوم للصدأ هو الأكثر شيوعاً ،وذلك لأن الفولاذ الاعتيادي يلوث المنتج بعد استخدامه لفترة وجيزة نسبياً بسبب تآكله خلال هذه الفترة حتى ولو بدرجة بسيطة وعندئذ لا يكون صالحاً للاستعمال.

٥) فقدان السلامة:

يؤدي التآكل أحياناً أو في كثير من الأحيان إلى حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية الكفيلة بإيقافه أو الحد منه فمثلاً التعامل مع المواد الخطرة مثل: الغازات السامة ،وحامض الهيدروفلوريك ،والأحماض المركزة مثل: حامض الكبريتيك ،والنيتريك ،والمواد القابلة للاشتعال ،والمواد المشعة ،والمواد الكيميائية في درجات حرارة عالية ،وعند ضغط عالي يتطلب استعمال مواد معدنية معينة لا تتآكل بدرجة كبيرة في مثل هذه الظروف . فمثلاً قد يؤدي حصول تآكل إجهادي (Stress Corrosion) في الجدار المعدني الذي يفصل الوقود عن المؤكسدات في الصاروخ إلى الخلط المبكر بين هذين الوسطين وبالتالي إلى خسارة

اقتصادية وبشرية ،وفي كثير من الأحيان يؤدي حصول تآكل في جزء معدني صغير إلى انهيا ،أو سقوط منشأ كامل ،وقد تسبب نواتج التآكل أحياناً إلى تحول مواد غير مضرة إلى مواد متفجرة.

وفي هذا المجال هناك العديد من اعتبارات السلامة الصحية مثل: تلوث ماء الشرب بسبب تآكل الأنابيب ،أو خزانات المياه ،وكذلك يلعب التآكل دوراً مهماً ورئيسياً في اختيار نوع المواد المعدنية التي تصنع منها الأجزاء المعدنية التي تستخدم داخل جسم الإنسان مثل :مفاصل الورك (Hip Joints) ، والصفائح الطبية ،وصمامات القلب وغير ذلك.

يمكن حماية المعادن من التآكل على النحو الآتي:

١) بمعالجة الوسط المسبب للتآكل بتخفيض فعاليته وأهم الطرائق المتبعة هنا:

تخليصه من العناصر الفعالة ومثال ذلك التخلص من الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون من مياه المراجل البخارية.إضافة مثبطات التآكل وهي مواد غير عضوية تقلل من التآكل عند المصعد أو عند المهبط،أو مواد عضوية مثل: الجيلاتين ،والديكسترين تعزل سطح المعدن عن الوسط المسبب للتآكل.

٢) بمعالجة السطوح وتغطيتها وأهم الطرائق المتبعة في هذا المجال:

أ. الغلفنة : أي: تلبيس السطح بقشرة مغلفة،وذلك بترسيب الكاتيونات المعدنية من المحلول الإلكتروليتي على سطح المعدن المراد طلائه بتمرير تيار مستمر فيه ليكون المعدن المراد تلبيسه مهبطاً،وتكون صفائح المعدن المراد الطلي بها مصعداً،والمثال على ذلك التلبيس بالكروم والنيكل.

ب. التلبيس الحارّ : ويتضمن تغطيس القطع المعدنية في أحواض مليئة بمعدن مصهور يصلح لإلباس السطح المطلوب. ومثال ذلك: تغطية أنابيب الفولاذ بالتوتياء (الزنك) لمقاومة تآكلها في الماء،أو تغطية الفولاذ بالقصدير في تعليب الأغذية.

ت. أكسدة السطوح : بإنشاء طبقة من أكسيد المعدن على سطحه فتتشكل طبقة مقاومة لكثير من التآكلات،وهناك طريقتان لأكسدة السطوح.

ث. الأكسدة القلوية في محاليل مائية مؤلفة من مئات الصوديوم $NaOH$ أساساً مضافاً إليها نترات الصوديوم $NaNO_3$ ، و نتريت الصوديوم $NaNO_2$ تغطس فيها القطع الفولاذية والمحلول في حالة غليان فتتشكل على السطح طبقة كتيمة من أكسيد الحديد المغنطيسي Fe_3O_4.

ج. الأكسدة الحمضية وتتم في محلول يحوي نترات الباريوم $BaNO_3$ ،وحمض الفسفور في درجة حرارة قريبة من درجة حرارة الغليان فتتشكل طبقة مقاومة من أكسيد الحديد.

التدريبات والتمارين

س ١ : اذكر أنواع المعالجات الحرارية.؟

س ٢ : اذكر انواع الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية ؟

س ٣ : ما هي المتطلبات الهامة في أفران المعالجات الحرارية ؟

س ٣ : ما المقصود من المصطلحات التالية :

المعالجة الحرارية　　　　　التآكل

س ٤ : كيف يمكن حماية المعادن من التآكل ؟

<table>
<tr><td colspan="6">نموذج تقويم المتدرب لمستوى أدائه
يعبأ من قبل المتدرب وذلك بعد التدريب العملي أو أي نشاط يقوم به المتدرب</td></tr>
<tr><td colspan="6">بعد الانتهاء من التدريب على المعالجات الحرارية ،قوِّم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقويم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة ،وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته،وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.</td></tr>
<tr><td colspan="6">اسم النشاط التدريبي الذي تم التدرب علية المعالجات الحرارية</td></tr>
<tr><td rowspan="2">م</td><td rowspan="2">العناصر</td><td colspan="4">مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)</td></tr>
<tr><td>غير قابل للتطبيق</td><td>لا</td><td>جزئيا</td><td>كليا</td></tr>
<tr><td>١</td><td>أتقنت تطبيق إجراء منحنى التحولات الطورية المتزنة للحديد والكربون.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٢</td><td>أتقنت أن تعدد أنواع المعالجات الحرارية.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٣</td><td>أتقنت تعدد انواع الأفران المستخدمة للمعالجات الحرارية.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٤</td><td>أتقنت تطبيق إجراء عملية تتوفر بعض المتطلبات الهامة في أفران المعالجات الحرارية</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٥</td><td>أتقنت تطبيق كيفية حماية المعادن من التآكل على النحو الآتي.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق،وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا " أو "جزئياً " فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.</td></tr>
</table>

الوحدة الثالثة

اختبارات الصلادة

الجدارة:

عند إكمال التدرب على هذه الوحدة فإن المتدرب يكون قادراً على تحديد طرق اختبارات الصلادة.

الأهداف الإجرائية:

بإكمال التدرب على الوحدة التدريبية الثانية يكون المتدرب قادراً على:

- أن ينفذ العمل على جهاز اختبار الصلادة.
- أن ينفذ اختبارات الصلادة.
- أن ينفذ العمل على جهاز فيكرز - برنل- روكويل.
- أن يتدرب على جميع المهارات لأول مرة

مستوى الأداء المطلوب:

أن يصل المتدرب إلى الإتقان الكامل لمهارات هذه الوحدة بنسبة ٩٠٪.

الوقت المتوقع لإتمام الوحدة: (٩) ساعات تدريبية.

الوسائل التدريبية المساعدة:

- ورشة مجهزة للتدريب على أعمال تقنية اللحام.
- عارض ضوئي.
- جهاز عرض (Data Show).
- صور ولوح عرض وبعض الكتيبات الخاصة بعلم المعادن (الفلزات).

متطلبات الجدارة:

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مره.



إرشادات الأمن والسلامة عند تنفيذ تجربة الصلادة



١/ التقيد بلباس السلامة المناسب مثل حذاء السلامة ونظارات السلامة أثناء العمل في المختبر دليل وعيك.

٢/ تنظيم و ترتيب العدد والأدوات بشكل منظم ومرتب.

٣/ المحافظة على النظافة في الورشة.

٤/ عدم العبث بالعدد والمعدات والآلات في المختبر .

٥/ تجنب المزاح في الورشة أو أثناء العمل لما يتسبب في حوادث خطيرة.

٦/ استخدامك القفازات الجلدية ونظارات السلامة أثناء تنفيذ تجربة الصلادة تجنبك الكثير من الحوادث.

٧/ اتبع الطريقة الصحيحة في تنفيذ التجربة حسب إرشادات المدربين لتجنب الحوادث.

٨/ البعد عن العبث والاجتهادات الشخصية .

٩/ عدم تنفيذ التجارب إلا بحضور المدرب.

١٠/ التقيد بالقيم المحددة في تنفيذ التجارب من مقدار قوة الحمل وقطر الكرة المصلدة مع الحذر في تنفيذ التجربة لتجنب كسر العدسة .

١١/ تنظيف أرض الورشة جيداً من الزيوت أو القطع المعدنية ومخلفات التجارب لتجنب الانزلاق والحوادث.



اختبارات الصلادة:

تعريف:

صلادة المعادن هي : قدرة المعدن على مقاومة حدوث خدش (علامة) به ومقاومته للبري والتآكل نتيجة الاحتكاك بالتحميل،واختبار الصلادة له مجالات متسعة في الصناعة ،حيث تنص معظم المواصفات القياسية على ضرورة إجرائه للمعادن والمنتجات المعدنية كاختبار قبول وتستخدم نتائج اختبارات الصلادة في الأغراض الاتية:

١. ترتيب المعادن وسبائكها حسب صلادتها حيث إن لكل صلادة معينة استخداماً مناسباً لها في الصناعة والتشغيل.
٢. التحكم في مستوى الإنتاج ،ومراقبته أثناء التصنيع ،وذلك بتعيين صلادة المنتجات.
٣. ضبط نسبة الكربون المطلوبة للصلب أثناء الصناعة ،وذلك في مصانع الصلب ،حيث إن لكل نسبة كربون معامل صلادة معين.
٤. بيان مدى تأثير طريقة تشغيل المعدن للشكل المطلوب على صلادته ،وذلك باختبار صلادته قبل وبعد التشغيل لمعرفة تأثير عمليات الدلفنه على البارد أو الساخن أو عمليات السحب على البارد.
٥. دراسة تأثير عمليات المعاملة الحرارية والتأكد من صحة إجرائها فتغييرها لصلادة المعدن تبعاً لذلك.
٦. معرفة الخواص الميكانيكية للمعادن المتعلقة بخاصية الصلادة.

- يمكننا باختبار الصلادة تعيين مقاومة الشد دون اللجوء إلى إجراء اختبار الشد وهو اختبار متلف.
- تحدد صلادة المعادن بواسطة عمل علامة بها بالضغط على سطحها بجسم يترك أثراً بعد إزالة الضغط الذي يؤثر به في مدة بسيطة تتراوح بين ١٠- ٣٠ثانية حيث تقارن صلادة المعادن بقياس عرض الأثر أو عمقه فكلما زادت قيمته كلما كان المعدن أقل صلادة والعكس.
- يمكن تعيين رقم صلادة المعدن بحساب الاجهاد الحادث من تحميل الضغط والذي يساوي حمل ضغط مقسوما على مساحة الأثر الحادث على سطح المعدن ،ويعتبر هذا الاجهاد رقماً للمقارنة.

ملاحظات هامة :

- يفضل استخدام طريقة برينل لقياس صلادة القطع السميكة ذات الأسطح الكبيرة.
- صلادة فيكرز يمكن بواسطتها استخدام قوى ضغط صغيرة جداً تصلح لقياس صلادة القضبان ذات المقاطع الصغيرة والرقائق المسطحة والاسطوانية ،ويمكن استخدام قوى أكبر للقطع السميكة ، أو المصلدة.
- صلادة روكويل تستخدم داخل ورش الإنتاج لأنها ،تعطي نتائج مباشرة وسريعة تصلح للحكم الفوري على المنتج وإعطاء القرار المناسب بخصوصها.

جهاز اختبار الصلادة





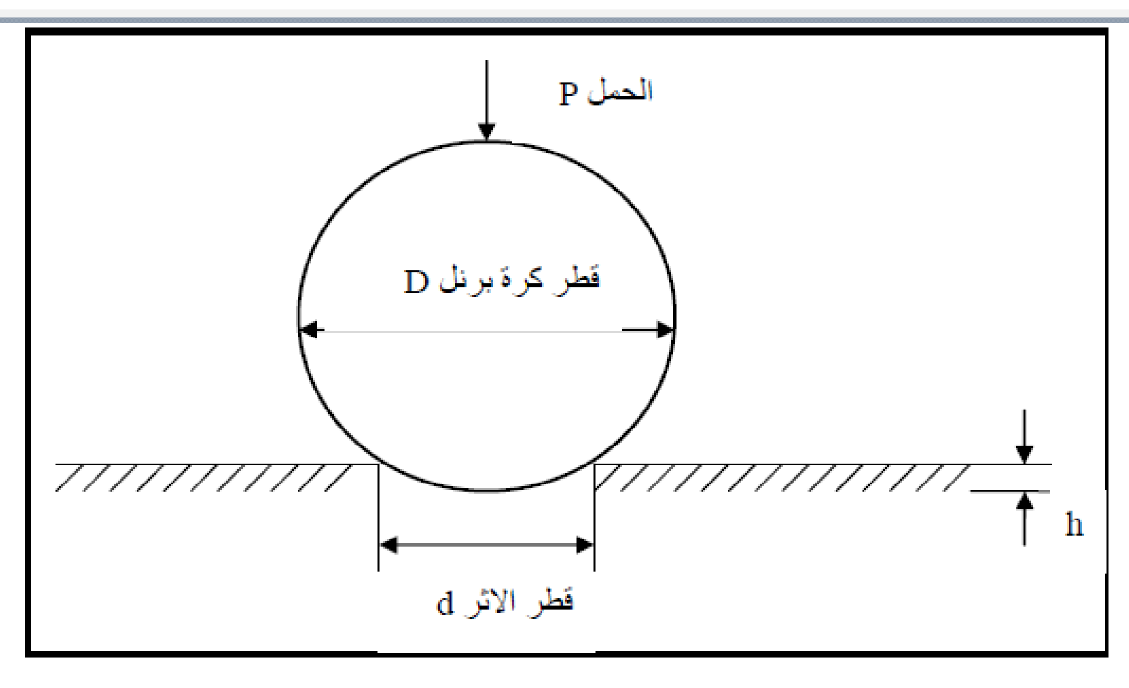
الشكل رقم (٣- ١) أجهزة قياس الصلادة

اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة برنل (Brinell Hardness Test):

تتكون ماكينة اختبار برنل من اسطوانة مثبت في أعلاها إطار يتدلى منه جزء مخروطي مثبت بطرفه السفلي كرة من الصلب الصلد تسمى: كرة برنل ،ويجب أن تكون ذات سطح أملس ،ويجب بعد إجراء الاختبار التأكد من عدم انبعاجها ، أو حدوث تغير في قطرها ، وإلا أصبحت غير صالحة للاستعمال ،ويلزم استبدالها بأخرى أكبر منها ،وكرة برنل قد يكون قطرها ١٠ ، ٥، ٢، ١ مم ،ويوجد بداخل الاسطوانة مكبس يتحرك إلى أعلى عند دوران الذراع نتيجة لضغط الزيت الموجود بالاسطوانة عليه ،وتوضع العينة عند الاختبار فوق المكبس ، الشكل (٣- ٢).



الشكل (٣- ٢) ماكينة برنل للصلادة



الشكل (٣- ٣) اختبار الصلادة بطريقة برنل

ويتصل بجهاز برنل مقياس لقراءة الحمل المؤثر على العينة المختبرة.

خطوات الاختبار :

١- يختار قطر الكرة المناسب (D) لنوع المعدن وصلادة وتركب الكرة بماكينة برنل ثم توضع عينة الاختبار فوق المكبس وأسفل كرة برنل ثم يدار الذراع حتى يرتفع المكبس ويلامس كرة برنل العينة.

٢- يحدد برنل حمل الاختبار (P) بحيث يكون مناسباً لقطر كرة برنل ،وبحيث يمكن الحصول على أثر مناسب للكرة بالعينة يمكن قياسه بدقة ويراعى أن يكون :

أ- $\frac{d}{D}$ = ٠,٥ : ٠,٢٥ = ثابت

ب – إجهاد الضغط على عينة الاختبار = ثابت

أى أن $\frac{p}{d^2}$ = ثابت أو $\frac{P}{D^2}$ = ثابت

حيث (d) قطر الأثر الذي سيحدث بعينة الاختبار و (D) قطر الكرة المستخدمة ،وباستعمال جدول (٣- ٤) المرفق مع الجهاز يمكن إيجاد قيمة الحمل المستعمل في الاختبار ،وذلك

بمعلومية قطر الكرة المستعملة ،ونوع المعدن المختبر ،وقيمة الثابت لهذا المعدن فالمعدن الصلب وكرة برنل التي قطرها ١٠ مم يكون الحمل =

$$٣٠\times(١٠)^{٢} = ٣٠٠٠ \text{ كج}$$

جدول (٣- ٤) حدود استخدام طريقة برنل للصلادة

الثابت	نوع المعدن	رقم برنل
٣٠	حديد	اكبر من ١٦٠
١٠	سبائك نحاس اوالومنيوم	٦٠ – ١٦٠
٥	نحاس – الومنيوم	٢٠ – ٦٠
١	رصاص وقصدير وسبائكهما	اقل من ٢٠

٣- يدار الذراع فيبدأ تحميل العينة حتى يصل مؤشر التحميل إلى حمل الاختبار المطلوب ،ويترك هذا الحمل مؤثراً على قطعة الاختبار فترة في حدود من ١٥ إلى ٣٠ ثانية ثم يزال الحمل .

٤- يقاس قطر الأثر (d) بواسطة مجهر بمقياس مدرج ،ويحسب رقم برنل كالآتي:

رقم برنل للصلادة = $\dfrac{\text{حمل الاختبار بالكجم}}{\text{اثر كرة برنل على العينة المختبرة}}$

∴ رقم برنل للصلادة = $\dfrac{p}{\pi Dh} = B.H.N$

حيث h = عمق أثر كرة برنل

رقم برنل للصلادة = $\dfrac{p}{\pi D(D/2-\sqrt{(D/2)^2-(\frac{d}{2})^2})}$

$$\dfrac{p}{\frac{\pi D}{2}(D-\sqrt{(D)^2-(d)^2})}$$

حيث (D) تساوي قطر كرة برنل بالمم.

(d) تساوي قطر الأثر بالمم.

(P) تساوي حمل الاختبار بالكجم.

الاحتياطات المطلوبة عند إجراء اختبار برنل:

١) يجب عند تحضير قطعة الاختبار ألا يقل سمك قطعة الاختبار عن ١٠ أمثال عمق الأثر (h) حتى لا يظهر أي انبعاج للسطح الخلفي لقطعة الاختبار نتيجة ضغط الحمل عليها.

٢) يجب أن يكون سطح قطعة الاختبار مصقولاً، وخالياً من الزيت ،والشحم حتى لا تتأثر نتيجة الاختبار.

٣) يجب ألا تقل المسافة بين مركز برنل ،وحافة قطعة الاختبار عن ٢,٥ مم قطر الأثر وألا تقل المسافة بين مركزي أثرين متجاورين عن ٤,٠ مم قطر الأثر.

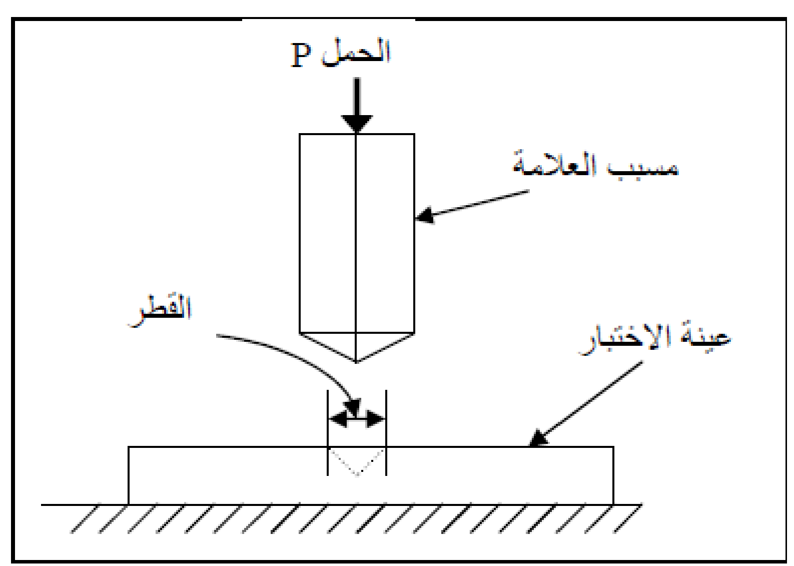
٤) تعتبر نتائج اختبار برنل غير صحيحة في الأحوال التالية :

أ. إذا حدث انبعاج لسطح المعدن وظهر أثره على الجانب الآخر لعينة الاختبار.

ب. إذا كانت العينة المختبرة مصلدة بالتغليف وكان عمق الأثر الحادث أكبر من سمك الطبقة المصلدة فإنه في هذه الحالة لا يمثل رقم برنل للصلادة صلادة الجزء المصلد.

اختبار صلادة العلامة بطريقة فيكرز (Vickers Hardness Rest)**:**

يجري هذا الاختبار بواسطة جهاز خاص يسمى فيكرز ،تقريباً بنفس طريقة برنل مع استبدال كرة برنل بهرم دقيق من الماس قاعدته مربع ويتقاطع كل سطحين متقابلين لهذا الهرم على زاوية صفر.



الشكل (٣- ٥) اختبار الصلادة بطريقة فيكرز



الشكل (٣- ٦) اختبار الصلادة بطريقة فيكرز

خطوات ا لاختبار:

١- توضع قطعي الاختبار على سندان فيكرز، ثم يرفع هذا السندان بواسطة لولب مثبت بأسفله حتى تلامس العينة الهرم الماسي لجهاز فيكرز.

٢- تحمل العينة المختبرة بواسطة رافعة نسبة أذرعها ١:٢٠ بحمل (P) مقداره ١٠٠ ،أو ٥٠ أو ،٣٠ ،أو ٢٠ ،أو ١٠ ،أو ٥ كجم حسب صلادة المعدن المختبر.

٣- يرفع الحمل ويخفض السندان بواسطة اللولب ،ثم يقاس أكبر مقاس لقطر الأثر (D) بواسطة الميكروسكوب المثبت بجهاز فيكرز.

رقم فيكرز للصلادة :

$$= \frac{2P\sin(\theta/2)}{D^2}$$

$$= 1.854\frac{P}{D^2}$$

حيث (P) تساوي الحمل بالكجم.

(D) تساوي قطر الأثر الحادث بالملليمتر.

مزايا اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة فيكرز :

١. يعطي قيمة دقيقة لرقم الصلادة.

٢. الأحمال المؤثرة صغيرة إذا ما قورنت بالأحمال المؤثرة في اختبار برنل.

٣. يمكن بواسطة تحديد صلادة المعادن شديدة الصلادة نظراً لاستخدام الهرم الماسي.

٤. يمكن بواسطة تحديد صلادة المعادن الرقيقة السمك والتي لا يصلح لها اختبار برنل .

مثال:

عين رقم فيكرز للصلادة لعينة من الصلب إذا كان حمل الاختبار المستخدم ١٠٠ كجم وقطر أثر الهرم على سطح العينة بعد الاختبار ٠,٩٣ مم .

الحـــــــل

$$\text{رقم فيكرز للصلادة} = ١,٨٥٤ \times \frac{\text{الحمل كجم}}{(\text{قطر الاثر على قطعة الاختبار - مم})^{٢}}$$

$$= ١,٨٥٤ \times \frac{١٠٠}{٠,٩٣^{٢}} = ٢١٥$$

اختبار الصلادة بطريقة روكويل

مقدمة :

يعتمد هذا الاختبار على القراءة المباشرة لرقم الصلادة حيث يرتبط هذا الرقم عكسياً مع عمق الاختراق للسطح ،ويتم الاختبار باستعمال حمل صغير أولي ثابت على العينة ثم إضافة الحمل الكبير بعد ذلك ،وبعد ثبوت حركة المؤشر يرفع الحمل الكبير حيث يقرأ رقم الصلادة مباشرة على عداد القياس المتصل برأس الضغط،و يوجد نوعان أساسيان من الماكينات المستخدمة لتقدير الصلادة بطريقة روكويل وهما :

- الماكينات النمطية Normal tester ، وذلك لقياس صلادة القطع السميكة.
- الماكينات السطحية Superficial ، وذلك لقياس صلادة القطع رقيقة السمك.

مقاييس روكويل للصلادة باستخدام الماكينات النمطية :

مقياس روكويل	الجسم المحدث للأثر	الحمل الكلي lb or N	المعادن التي يصلح لها هذا المقياس
روكويل A	مخروط بحرف ماسي مستدير Brale	60 N	شرائح الصلب المصلد الدقيقة والمعادن والسبائك شديدة الصلادة وإذا أريد الأثر الحادث صغيراً
روكويل B	كرة صلب مصلدة قطر ١,٥٧٨ مم	100 lb	الصلب الكربوني الطري والمتوسط والألواح والقضبان المعدنية الطرية .
روكويل C	مخروط بحرف ماسي مستدير	150 N	الصلب المصلد والسبائك الحديدية والسبائك المعدنية ذات صلادة أكثر من روكويل ١٠٠

مميزات اختبار الصلادة بطريقة روكونيل:

١) صغر الجهاز الخاص بها.

٢) الحصول على رقم الصلادة مباشرة من التدرج بدون حسابات.

٣) الجهاز لا يحتاج خبره لتشغيله.

٤) صغر حجم الأثر مقارنة بالأثر الناتج عن طريقة برنيل.

مقاييس روكويل للصلادة باستخدام الماكينات السطحية:

مقياس روكويل	الجسم المحدث للأثر	الحمل الكلي Kg	مجال الصلادة المستعمل
15N	مخروط ماسي	15	HRN 66-92
30N	مخروط ماسي	30	HRN 39-84
45N	مخروط ماسي	45	HRN 17-75
15T	كرة صلب مصلدة	15	HRN 50-94
30T	كرة صلب مصلدة	30	HRN 0-84
45T	كرة صلب مصلدة	45	HRN 0-75

وصف للطريقة :

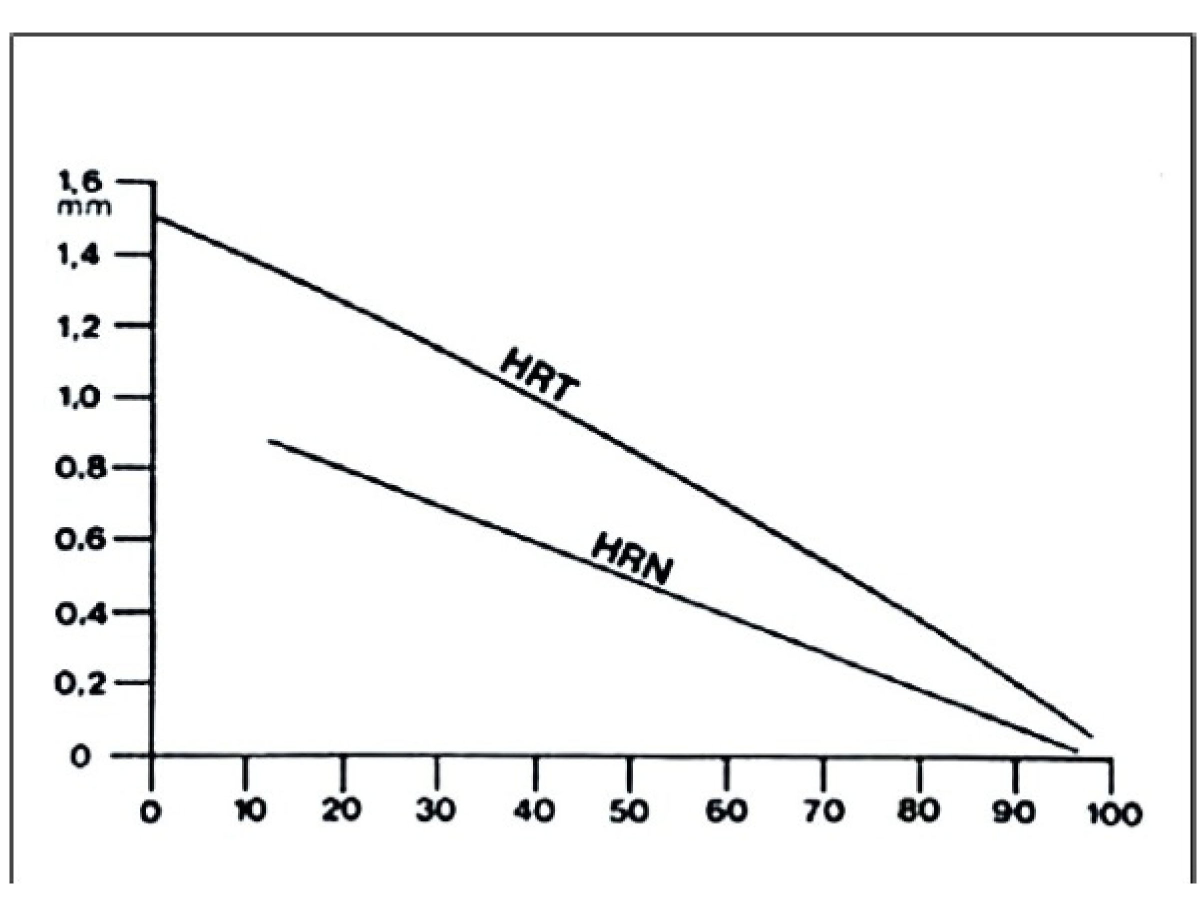
يدفع رأس الضغط في العينة على مرحلتين باستخدام الحمل الأولي (يدوي) الصغير ثم الحمل الكبير ،وبقياس عمق الاختراق المتبقي بعد إزالة الحمل الكبير بعد ذلك ،يتم تقدير صلادة روكويل (أي: أن رقم الصلادة يتعلق بالأثر الناتج مع الحمل الكبير فقط).

كلما زاد عمق الأثر كلما صغر رقم روكويل للصلادة ،أي :كلما قلت صلادة المعدن المختبر.

العينات:

تكون أسطح العينات في هذه الطريقة مسطحة شأن طريقة برينل ،إلا أنه يمكن إجراؤها على العينات ذات الأسطح الاسطوانية أو غير المستوية مع الأخذ في الاعتبار إجراء التصحيح اللازم لقراءة روكويل الناتجة.

يجب أن يكون للعينة سمك معين حتى لا يظهر أثر للضغط في الجهة المقابلة وشكل المرفق يحتوي على المنحنيات التي من خلالها استخرج أقل سمكاً يسمح باستخدامه في كلا الطريقتين HRT و HRN.



الشكل رقم (٣- ٧)

إجراء الفحص:

١) يجري الفحص عند درجة حرارة الغرفة (١٨- ٢٨°م) ما لم يكن هناك اتفاق على غير ذلك.
٢) يجب عدم تعريض العينة لأي اهتزازات أثناء القياس وأن يكون السطح نظيفاً خالياً من الشحوم وناعماً ومثبتاً بإحكام.
٣) بمساعدة تجهيز للتعديل تندفع العينة نحو رأس الضغط إلى حد بلوغ الحمل الأولي (الأصغر) أما إذا كان تجهيز القياس عبارة عن مؤشر حساس فإن الحمل الأولي يكون قد بلغ حده بوصول إبره المؤشر إلى قرب شرطة الصفر.
٤) بعد أن تقف إبرة مؤشر قياس العمق يضغط على العينة بالحمل الأكبر دون صدم أو ارتجاج لمدة من ٤- ٨ ثوان مالم ينص على غير ذلك.
٥) بعد انقضاء مدة تأثير الحمل يرفع الحمل الأكبر بهدوء وبدون صدم.
٦) بعد توقف إبرة المؤشر تتم قراءة رقم روكويل مباشرة وهذا هو المتبع في معض الماكينات الحديثة.

تقرير الفحص:

نظراً لتنوع الأحمال المستخدمة في هذه الطريقة ،وكذلك تنوع رؤوس الضغط ،لذلك يجب أن يشتمل تقرير الفحص وبدقة على الطريقة المستخدمة ،وكذا الحمل الإجمالي ورقم الصلادة.

مثال:

65HR30 هذا يعني أن رقم الصلادة صلادة روكويل للعينة ٦٥ باستخدام طريقة روكويل بحمل فحص إجمالي ٣٠ كيلوبوند.

التدريبات والتمارين

س ١ : فيم تستخدم نتائج اختبارات الصلادة ؟

س ٢ : ما هي الاحتياطات ا لمطلوبة عند إجراء اختبار برنل ؟

س ٣ : ما هي مزايا اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة فيكرز ؟

س ٤ مميزات اختبار الصلادة بطريقة روكونيل:؟

<table>
<tr><td colspan="6">نموذج تقويم المتدرب لمستوى أدائه
يعبأ من قبل المتدرب وذلك بعد التدريب العملي أو أي نشاط يقوم به المتدرب</td></tr>
<tr><td colspan="6">بعد الانتهاء من التدريب على اختبارات الصلادة ،قوِّم نفسك وقدراتك بواسطة إكمال هذا التقويم الذاتي بعد كل عنصر من العناصر المذكورة،وذلك بوضع علامة (✓) أمام مستوى الأداء الذي أتقنته وفي حالة عدم قابلية المهمة للتطبيق ضع العلامة في الخانة الخاصة بذلك.</td></tr>
<tr><td colspan="6">اسم النشاط التدريبي الذي تم التدرب عليه : اختبارات الصلادة</td></tr>
<tr><td rowspan="2">م</td><td rowspan="2">العناصـــر</td><td colspan="4">مستوى الأداء (هل أتقنت الأداء)</td></tr>
<tr><td>غير قابل للتطبيق</td><td>لا</td><td>جزئيا</td><td>كليا</td></tr>
<tr><td>١</td><td>أتقنت تطبيق تنفيذ العمل على جهاز إختبار الصلادة .</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٢</td><td>أتقنت أن تنفيذ اختبارات الصلادة.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٣</td><td>أتقنت تنفيذ العمل على جهاز فيكرز - برنل- روكويل.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٤</td><td>أتقنت أن تعدد مزايا اختبار صلادة العلامة للمعادن بطريقة فيكرز.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>٥</td><td>أتقنت أن تعدد مميزات اختبار الصلادة بطريقة روكونيل.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">يجب أن تصل النتيجة لجميع المفردات (البنود) المذكورة إلى درجة الإتقان الكلي أو أنها غير قابلة للتطبيق، وفي حالة وجود مفردة في القائمة "لا" أو "جزئيا" فيجب إعادة التدرب على هذا النشاط مرة أخرى بمساعدة المدرب.</td></tr>
</table>

المراجع

اسم المرجع	المؤلف
علم المواد.	حقيبة ميكانيكا انتاج- ١٤٢٩هـ.المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني.
خواص المواد واختباراتها.	أ.د محمود إمام. أ.م.د/محمد مهدي.د.محمد أمين
أساسيات تكنولوجيا التصنيع	د.أحمد زكي حلمي.
التقنية الميكانيكية. منتدى التقنية.	-